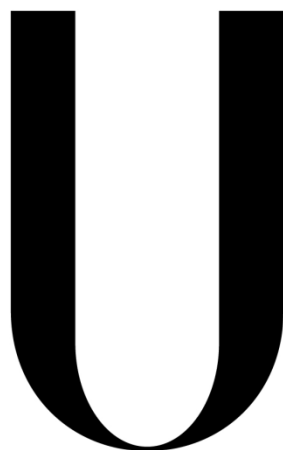


UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

CaiMU: Caderno Multimodal e Ubíquo

Tiago André Alves Pereira

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

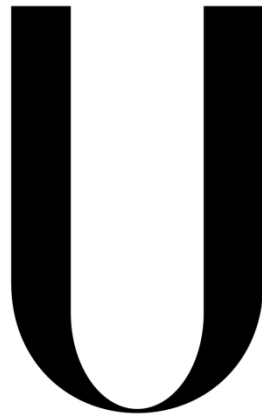
Especialização em Sistemas de Informação

2012/13

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

CaiMU: Caderno Multimodal e Ubíquo

Tiago André Alves Pereira

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Especialização em Sistemas de Informação

Orientadores: Prof. Doutor Luís Manuel Pinto da Rocha Afonso Carriço

Prof. Doutor Carlos Alberto Pacheco dos Anjos Duarte

2012/13

Agradecimentos

Agradeço à minha família por todo o apoio que sempre me deram e por me terem ajudado a alcançar todos os objectivos que tenho traçado ao longo destes anos todos. Um sincero obrigado a todos os “Vai estudarrrr....” que ecoaram por diversos momentos à minha volta. Finalmente deu resultado! Obrigado Mãe, Pai e Diogo!

A todas as pessoas que conheci na faculdade e que, de algum modo, contribuíram para a minha integração e para que tudo ficasse bastante mais fácil ao longo da minha passagem pela FCUL, nomeadamente: *JC, Tartaruga, Jeje, Casais, Marianinha, Esteves, Herlander, Tete, Inês, Reis, Edu, Alentejano, Engenheiro, André, Bong, Pina e CTT*.

A todos os meus amigos que me aturaram sempre que as coisas não corriam bem e que, de certo modo, levavam com as minhas dúvidas e incertezas durante as noites de HK, Via, Espassus ou 1º: Ana, *Bueno*, Bruno, *Sininho*, Joaninha, *Gordo*, Rita, *Zézinho*, *Djaquinas*, *Rafa*, Marta, *DT*, *Manel*, Renato, Dede e Ricardo. A verdade é que todos vocês, em determinados momentos, foram essenciais.

Agradeço à Tatiana e ao Gil, não só pelas injeções de motivação, como também por me terem ajudado bastante durante as várias fases desta tese. À Professora Rosa por me deixar utilizar o seu tempo com os alunos dela. Os testes foram espectaculares.

Agradeço aos meus orientadores de Tese Prof. Dr. Luís Carriço e Prof. Dr. Carlos Duarte que me ajudaram a desenvolver e a pensar em todas possibilidades que poderiam ser feitas nesta tese.

Por último, e obviamente, quero deixar toda a minha gratidão para uma das pessoas mais importantes da minha vida. Por seres minha amiga sempre que preciso de uma mão, por seres minha confidente sempre que preciso de um ouvido, por seres minha ajudante quando preciso da outra mão, por teres sempre um ombro disponível sempre que preciso dele. Obrigado Telma Canário, sabes que não tenho palavras para descrever tudo isto!

Para a minha família e amigos.

Resumo

Desde sempre que o processo de aprendizagem da escrita, neste caso para as crianças, é uma das fases mais importantes da sua vida, sendo que é uma “abertura” a um novo mundo de comunicação. É por isso imprescindível que o aluno consiga ter uma dupla atenção na absorção de todo este conhecimento e na execução contínua dos exercícios com o intuito de melhorar as suas capacidades motoras, visuais e percepçãoais. Por outro lado, é também fundamental uma devida atenção da parte do professor na transmissão de conhecimentos: onde por vezes é necessário exemplificar de forma paciente todos os movimentos necessários para a aprendizagem da caligrafia como também tentar materializar números e o seu significado para a aprendizagem da aritmética; e na avaliação de conhecimentos executada por este. Um processo de transmissão e avaliação interessante diz respeito à utilização de ferramentas de ensino que automaticamente ajudam o professor em todo este processo.

As ferramentas de ensino são muito pouco utilizadas pelos professores nas salas de aula. Usualmente os mais utilizados são os retroprojectores e os quadros multimédia. No entanto, estes são utilizados de modo tradicional para projectar matéria ou realizar exercícios no quadro, existindo por isso muito pouca interacção dos alunos com estes dispositivos, e o professor irá ter uma tarefa bastante complicada na transmissão e avaliação de todo o conhecimento referido. É, por isso, necessário existir um trabalho mútuo entre professor e aluno, para que ambos se sintam estimulados no decorrer de todo este processo.

Assim a existência de uma ferramenta simples e lúdica, em que tanto o professor como o aluno sejam capaz de aperfeiçoar todo este processo é bastante útil. Neste trabalho realizou-se uma plataforma de ensino auxiliado por dispositivos tácteis – *Tablet PCs*, que suportará a construção de duas ferramentas protótipos: uma vocacionada para assistência do professor, que definirá exercícios e visualizará as execuções dos alunos; e outra capaz de fornecer uma interface apelativa a crianças para execução dos exercícios, de escrita ou aritmética, propostos, com mecanismos de classificação fiáveis de cada exercício e com um retorno visual que a ajude e oriente em tempo real.

A arquitectura deste trabalho consiste em quatro componentes principais: a ferramenta do professor, a ferramenta do aluno, o repositório de dados e a plataforma CaiMU.

A plataforma CaiMU é responsável por criar, manipular, armazenar e renderizar toda a informação criada pelas ferramentas do professor e aluno. Todas as suas funcionalidades visam conectar o repositório descrito às ferramentas do aluno e do professor.

O repositório de dados é responsável por guardar todos os dados que são criados nas várias ferramentas para documentos XML. Estes dados são organizados de forma hierárquica.

A ferramenta do professor agrupa um conjunto de interfaces gráficas que visam otimizar e facilitar a criação, edição e revisão de grafemas ou caracteres alfanuméricos, exercícios e aulas. Nesta ferramenta também é possível visualizar e analisar todos os exercícios que o aluno realizou.

Por fim, a ferramenta do aluno tem o intuito de receber todos os dados sobre as aulas e exercícios que o professor disponibilizou. Estes, após a sua execução, serão avaliados e armazenados de forma automática pelo sistema para que, posteriormente, o professor os possa analisar.

Foi também possível efectuar um conjunto de testes e entrevistas para avaliar toda a aplicação, validar opções de desenho e usabilidade de ambas as ferramentas com o intuito de melhorar e perceber possíveis características a desenvolver. Desta forma, toda a aplicação foi testada e validada cuidadosamente.

Esta aplicação será capaz de reduzir a dependência entre professor e aluno, otimizando a produtividade entre ambos. Esta redução libertará o professor para executar o seu papel perante alunos com mais dificuldades nesta aprendizagem.

Com este trabalho foi então realizado: uma análise do ensino auxiliado por dispositivos; uma plataforma de auxílio ao ensino da escrita e aritmética que permite a ambos os tipos de utilizadores, professor e aluno, aumentarem a sua produtividade e evoluir os seus métodos de trabalho; um conjunto de testes e entrevistas para validar todas as opções tomadas na criação deste sistema.

Palavras-chave: Aprendizagem, Caligrafia, Aritmética, Ensino, Crianças, Escrita, *Tablet PCs*

Abstract

The purpose of this work was to create and improve an application for tactile devices that can be used in the process of writing and arithmetic learning by teachers and students in order to improve teaching methods and children's motor, visual and perceptual skills, optimizing the productivity of teacher and student. For this technique to perfectly work it is necessary mutual work thus a dependency between both.

This application which will support the construction of two prototype tools: one dedicated to teacher's assistance that will manage the exercises he/she can create and manage the students' executions, and another able to provide an appealing interface for children to perform the proposed writing or arithmetic exercises, proposed with reliable classification mechanisms for each exercise and with a visual return that helps the student and guide him/her in real time. These prototypes are helped by a platform responsible for create, manipulate, store and render all the information created by these tools. All features are connected by a repository responsible to store all data created to XML documents organized on a hierarchical way.

To verify the correctness of this system, a control bed test and some interviews with teachers and students to evaluate all the application, validate design and usability options of both prototypes in order to improve and develop technical features. By this way, all the application was tested and validated carefully.

Keywords: Learning, Calligraphy, Arithmetic, Teaching, Children, Writing

Índice de Conteúdo

Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Tabelas	xix
Capítulo 1 Introdução.....	1
1.1. Objectivos.....	3
1.2. Planeamento	4
1.2.1. Descrição das Actividades	4
1.3. Estrutura do relatório.....	5
1.4. Contexto Institucional	6
Capítulo 2 Conceitos e Trabalho relacionado	7
2.1. A aprendizagem nas crianças	7
2.1.1. A escrita	8
2.1.2. A aritmética	12
2.1.3. Outros (Desenho, Hipermédia)	14
2.2. A utilização de ferramentas informáticas	15
2.2.1. A interacção criança/computador.....	16
2.2.2. Reconhecimento da Escrita Manual.....	19
2.1.1. Ferramentas	20
2.3. Sumário	23
Capítulo 3 Especificação de Requisitos	24
Capítulo 4 Plataforma CaiMU.....	28
4.1. Repositório de Dados	29
4.1.1. Modelo	31
4.1.2. Desafio.....	31
4.1.3. Aula.....	32
4.1.4. Aula Resolvida	32
4.1.5. Desafio Resolvido	33
4.2. Plataforma CaiMU.....	34
4.2.1. Biblioteca de Gestão de Ficheiros XML	34
4.2.2. Bibliotecas de Gestão e Manipulação de Estruturas.....	35
4.2.3. Bibliotecas de Gestão de Reconhecimento Manual	35
4.2.4. Biblioteca de Gestão e Manipulação de Imagens	36

4.2.5.	Bibliotecas de Renderização de Estruturas	36
4.2.6.	Algoritmo de Cálculo do ponto do Modelo mais próximo.....	36
4.2.7.	Algoritmo de avaliação.....	38
4.3.	Sumário	40
Capítulo 5	Interface CaiMU	41
5.1.	Análise das interfaces da Ferramenta do Professor	41
5.1.1.	Interface de criação/edição de Modelos	43
5.1.2.	Interface de criação de Desafios	46
5.1.3.	Interface de criação de uma Aula.....	51
5.1.4.	Interface para Ver Aulas Executadas.....	54
5.2.	Análise da interface da Ferramenta do Aluno	56
5.3.	Sumário	59
Capítulo 6	Avaliação e Resultados	60
6.1.	Entrevista inicial com a Professora	60
6.1.1.	Avaliação do Protótipo do Professor.....	61
6.1.2.	Avaliação do Protótipo do Aluno	63
6.2.	Avaliação com os Alunos.....	64
6.2.1.	Análise e processamento de dados da primeira aula	68
6.2.2.	Análise e processamento de dados da segunda aula.....	71
6.2.3.	Conclusão	74
Capítulo 7	Conclusão.....	76
7.1.	Trabalho futuro	77
Bibliografia	78
Anexos	83
	Conteúdo do Ficheiro XML da Aula 1 e respectivos Desafios	83
	Conteúdo do Ficheiro XML da Aula 2 e respectivos Desafios	91

Lista de Figuras

Figura 1: Desenho das direcções de cada letra [19]	10
Figura 2 a) Offline Handwriting; b) Online Handwriting.....	20
Figura 3: Protótipo do Aluno [18]	21
Figura 4: Trazo [17]	22
Figura 5: Ferramenta de mistura de cores [14].....	22
Figura 6: Arquitectura da Plataforma CaiMU.....	28
Figura 7: Diagrama E/A do Repositório de Dados.....	30
Figura 8: Diagrama das Bibliotecas de Gestão e Manipulação de Estruturas.....	35
Figura 9: Gesto realizado pela letra u	37
Figura 10: Fórmula que reflecta a classificação do gesto face ao desvio máximo.....	39
Figura 11: Diagrama de Interfaces do Professor.....	41
Figura 12: Diagrama de Casos de Uso do Professor.....	42
Figura 13: Interface dos Modelos da ferramenta do Professor	44
Figura 14: Interface do Desafio da ferramenta do Professor	49
Figura 15: Interface para a criação de uma Aula na ferramenta do Professor	52
Figura 16: Interface da ferramenta do Professor para visualização de desafio realizados	55
Figura 17: Protótipo da ferramenta do Aluno.....	57
Figura 18: Gráfico da pontuação da Aula 1	68
Figura 19: Gráfico do número de tentativas por desafio da Aula 1	68
Figura 20: Gráfico do tempo estimado por desafio da Aula 1	69
Figura 21: Gráfico da pontuação por desafio na Aula 2.....	71
Figura 22: Gráfico do número de tentativas por desafio na Aula 2	71
Figura 23: Gráfico do tempo estimado por desafio na Aula 2	72

Lista de Tabelas

Tabela 1: Planeamento do Projecto.....	4
Tabela 2: Caso de Uso Executar um exercício.....	25
Tabela 3: Caso de Uso Criação de um exercício.....	26
Tabela 4: Caso de Uso Criação de Modelos	43
Tabela 5: Caso de Uso Edição de Modelos.....	44
Tabela 6: Caso de Uso Criação de um Desafio	48
Tabela 7: Caso de Uso Edição de Modelos.....	48
Tabela 8: Caso de Uso Criar uma aula	52
Tabela 9: Caso de Uso Verificar uma Aula executada pelo Aluno	54
Tabela 10: Caso de Uso Abrir Aula	56
Tabela 11: Caso de Uso Executar Desafio	57
Tabela 12: Resultados da primeira série de Desafios	70
Tabela 14: Resultados da segunda série de Desafios.....	73
Tabela 15: Médias dos resultados obtidos.....	74

Capítulo 1

Introdução

O ensino pré-escolar e o início do 1º ciclo são uma das fases mais importantes da aprendizagem da escrita e da aritmética. É aqui que começa o trabalho do Professor iniciando a criança em processos de instrução que estas consideram ser bastante complexos.

Para que este processo tenha sucesso é necessário um esforço adicional da criança para se sentir constantemente motivada e focada. Por outro lado, é tarefa do professor conseguir criar um ambiente com condições favoráveis para que este conhecimento seja transferido com sucesso para todos os alunos. No entanto, por vezes, é bastante complexo para o professor conseguir gerir todos os problemas dentro da sala de aula onde se depara com alunos que apresentam dificuldades de aprendizagem diferentes e por isso necessitam de cuidados especiais, e outros com problemas motivacionais bastante complexos. Estas dificuldades devem ser evitadas a todo o que custo para que o aluno não se sinta frustrado; e podem coexistir por diversos motivos: psicológicos, em que a criança ao deparar-se com dificuldades começa a ficar ansiosa e insegura para resolver mais exercícios; pedagógicos, por vezes os métodos de ensino dos professores estão desajustados à realidade do aluno, desmotivando-o; socioculturais, é essencial que os pais tenham um papel activo na educação da criança; entre outros.

Face a estes problemas é necessário encontrar formas lúdicas que sejam persuasivas estimulando as crianças a ficar mais concentradas e motivadas seguindo um planeamento pré-definido pelo Professor, libertando mais tempo que pode ser despendido com necessidades apresentadas pelos seus educandos. É portanto essencial que qualquer ferramenta a ser usada por um Professor seja capaz de colmatar aspectos como a ausência de interactividade, o uso de comportamentos depreciativos, a ausência de tempo para o aluno absorver a informação ou até mesmo a falta de ajuda ao aluno. Neste contexto que surge o ensino com computadores que também abre portas para ferramentas com comunicação multissensorial.

Existem vários programas feitos para interagir com crianças para que, através de desafios realizados pelo programador, as crianças possam desenvolver algumas competências nas áreas de aprendizagem referidas. No entanto e face a muitas das aplicações existentes, é fundamental que Professor possa criar e ajustar exercícios consoante o tipo de dificuldades

apresentadas pela criança para que esta possa, de forma lúdica, corrigir todos os problemas na sala de aula. É essencial também que o professor possa verificar posteriormente todos os exercícios executados a fim de obter uma melhor percepção da evolução do Aluno.

1.1. Objectivos

O que se pretende com este trabalho é desenvolver uma plataforma de aprendizagem interactiva de escrita e aritmética para crianças com idades compreendidas entre os 4 e os 7 anos. Esta plataforma visa uma auto-aprendizagem com auxílio do professor responsável que desenvolve e monitoriza exercícios/desafios para as crianças, de modo a que consigam desenvolver competências tanto na parte da Escrita como na da Aritmética. Esta necessita de ser interactiva, atractiva e fácil de usar de modo a ser um apoio no ensino e desenvolvimento de escrita e aritmética por parte do Professor e do Aluno.

Os seus requisitos principais a serem desenvolvidos são:

- Criação e edição de novos desafios/exercícios de escrita e aritmética para diferentes utilizadores idealizados pelo Professor;
- Reprodução dos exercícios efectuados pelo Professor do utilizador;
- Consolidação de todos os exercícios recolhidos, ficando concentrados num grupo de dados local;
- Reprodução de uma pontuação calculada em função do sucesso/insucesso da tarefa do utilizador;
- Criação de objectivos enquadrados no nível de dificuldade que o utilizador apresenta;
- Visualização da execução dos desafios executados pelo Aluno;
- Desbloqueio de uma imagem/recompensa quando o utilizador supera com sucesso um conjunto de desafios.

1.2. Planeamento

O Planeamento deste trabalho foi definido com a duração estimada em meses para as tarefas principais e tem uma duração de doze meses a começar em Setembro. Inicialmente grande parte das tarefas não são realizadas em paralelo, no entanto estima-se que após a conclusão da gestão de dados na ferramenta do Professor, possa existir um paralelismo entre ambas as ferramentas.

Para completar o planeamento é necessário definir as diversas etapas e duração deste projecto:

Actividade	Duração
Análise de Trabalho relacionado	1
Análise de requisitos e desenho da Solução	1
Relatório Preliminar	1
Implementação do protótipo da Criança	2
Implementação do protótipo do Docente	3
Período de Testes com o Professor	0.25
Optimização da Solução	2
Período de Testes com o Professor e Alunos	0.25
Escrita da Tese	2

Tabela 1: Planeamento do Projecto

1.2.1. Descrição das Actividades

Actividade 1 - Análise de Trabalho relacionado

Estudo e análise de trabalhos feitos anteriormente. Esta actividade foi realizada no início dos trabalhos e teve o objectivo de identificar o que já tinha sido feito anteriormente e perceber quais as dificuldades existentes na Aprendizagem da Escrita e da Aritmética.

Actividade 2 – Análise de Requisitos

Procurar quais os requisitos necessários para a construção desta aplicação e identificar todo o seu conteúdo junto de aplicações anteriores e de um Professor que leccione no 1º Ciclo.

Actividade 3 – Relatório Preliminar

Esta actividade surge após a finalização de todas as actividades feitas anteriormente e sumariza o estado do trabalho, os objectivos e metas que necessitam de ser feitas.

Actividade 4 - Implementação do protótipo da Criança

Construção da ferramenta da Criança.

Actividade 5 - Implementação do protótipo do Docente

Construção da ferramenta do Docente.

Actividade 6 - Período de Testes com o Professor

Esta actividade consiste em realizar diversas reuniões com o professor para melhorar e corrigir ambas as ferramentas. Esta actividade é feita em paralelo com a próxima.

Actividade 7 - Optimização da Solução

Efectuar e optimizar as devidas correcções e melhoramentos indicados pelo professor.

Actividade 8 - Período de Testes com Professor e Alunos

Esta actividade tem como objectivo testar a aplicação numa Sala de Aula com Alunos de 1º Ciclo escolhidos pelo Professor.

Actividade 10 - Escrita da Tese

A última actividade que apenas ocorre após serem efectuados todos os testes de modo a poder ser realizada uma análise. No entanto, alguns dos capítulos feitos serão feitos durante o trabalho.

1.3. Estrutura do relatório

Para além deste capítulo introdutório, os seguintes capítulos resumem-se a:

- **Capítulo 2: Contextualização** – Apresenta aspectos essenciais sobre o ensino tradicional e computadorizado, a aprendizagem e as suas dificuldades, e os diferentes tipos de aprendizagem de escrita.
- **Capítulo 3: Metodologia** – Contem todos os modelos efectuados na Análise de Requisitos que serão utilizados para a construção deste projecto, quais as linguagens utilizadas e trabalho a realizar.

1.4. Contexto Institucional

Este projecto está inserido no âmbito de uma tese de Mestrado – PEI – e está a ser realizada no LASIGE – Large-Scale Informatics Systems Laboratory – no Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – FCUL.

A FCUL é uma das faculdades existentes na Universidade de Lisboa e disponibiliza a todos os estudantes um conjunto de infra-estruturas e condições no desenvolvimento de aptidões essenciais para o futuro de todos os Estudantes. Tem mais de 24 unidades de R&D avaliadas pela fundação de Ciência e Tecnologia e inserida em múltiplas áreas.

Capítulo 2

Conceitos e Trabalho relacionado

Neste capítulo são apresentados os tópicos principais para a compreensão deste trabalho sendo a aprendizagem da escrita gráfica o principal.

Inicia-se com alguns dos métodos de ensino existentes na aprendizagem das crianças e, posteriormente segue-se uma descrição de conceitos básicos de escrita tradicional e aritmética, onde também são apresentadas as dificuldades de Aprendizagem inerentes a estes conceitos. Para finalizar esta secção são apresentados algumas ferramentas que podem beneficiar na Aprendizagem da criança (secção 2.1); A secção 2.2 inicia-se com o tópico “A utilização de ferramentas informáticas” onde são apresentados alguns benefícios do uso destas ferramentas. Segue-se para a interacção entre a criança e o computador onde são demonstradas algumas características motivacionais e da tecnologia para crianças. O reconhecimento da escrita é o próximo sub-tópico desta secção sendo usado em dispositivos Tablet PCs que beneficiam a aprendizagem da criança. Para finalizar são apresentadas algumas ferramentas utilizadas em estudos já feitos anteriormente; Por fim é realizado um sumário deste capítulo.

2.1. A aprendizagem nas crianças

A aprendizagem nas crianças é um processo bastante complexo e que pode ser apoiado por um Professor, visando facilitar a instrução do educando. Este é um processo bastante demorado e que precisa de ser feito com bastante cuidado. Existem diversos métodos de ensino, uns mais eficazes que outros, que disponibilizam ao professor formas de cumprir a sua missão: alfabetizar os seus educandos. Estes métodos são: sintético (que se subdivide em alfabético e silábico) e analítico:

- O primeiro destes métodos estabelece uma correspondência entre o som e a grafia. Este subdivide-se em dois tipos: o alfabético (este método tem como princípio que a leitura parte da memorização das letras do alfabético, seguindo para todas as combinações silábicas e, posteriormente, as palavras. A partir daqui, a criança começa a ler frases curtas, passando depois a frases mais longas, até conseguir ler livros [1]) e o fonético/silábico (Este é o método mais utilizado no mundo inteiro. É baseado no ensino

do código alfabético de forma dinâmica, onde as relações entre sons e letras devem ser executados através do planeamento de actividades lúdicas para que brincando com as crianças, estas se possam sentir motivadas, aprendendo a codificar a fala em escrita, e vice-versa [1, 35]) Muitos dos problemas do método alfabético são que algumas letras que são consideradas ideais para aprender na leitura, são bastante difíceis de grafar e deste modo o professor deve analisar a ordem de ensino consoante a consciência fonética, a frequência de ocorrência de formas e de grafemos em palavras ditas ou grafadas, etc. [19]. Este método é bastante cansativo e repetitivo para as crianças, gerando um certo desânimo e, por consequência, um desinteresse enorme durante o processo de aprendizagem, o que é bastante mau nesta fase [1].

- O método analítico defende que a leitura é um ato global e audiovisual. E, assim sendo, começa por trabalhar a partir de unidades de linguagem complexa para depois dividi-las em partes menores, garantindo uma visão mais ampliada sobre o que está no papel. A criança parte da frase para extrair as palavras, dividindo posteriormente para sílabas [1, 35].

Independentemente de todos estes métodos, a concepção tradicional que as crianças quando entram na escola começam por aprender a fazer cópia de letras, palavras ou frases modelo, seguindo-se o ditado e posteriormente a leitura foi questionada por um estudo que demonstrou que muitas crianças não escolarizadas já conhecem o princípio da escrita, precisando apenas de aprender a escrita estandardizada [33,40].

2.1.1. A escrita

A escrita é uma das áreas mais complexas e abrangentes do processo de Aprendizagem de uma criança. Esta, juntamente com a leitura, está directamente associada ao processo de Alfabetização. Esta actividade envolve o uso da coordenação motora e visual [28] e consiste num acto de representar através de sinais gráficos: palavras e ideias. Deste modo, a aprendizagem da escrita é um processo inverso ao da leitura, e consiste na codificação da linguagem em sinais gráficos.

Foi realizado um estudo com crianças entre os 4 e os 6 anos com intuito de analisar a evolução da escrita a partir de situações em que se pedia que escrevessem o seu nome, de amigos ou familiares, e palavras ou frases [45]. Este estudo foi organizado em 5 níveis:

- Nível 1: A criança reproduzia traços típicos de escrita interpretando subjectivamente o que estava escrito.
- Nível 2: Os grafismos são mais aproximados das letras e a escrita começa a ter um objectivo diferente quando pretende representar objectos diferentes.
- Nível 3: A criança começa por estabelecer correspondências entre partes do texto (letras) e a expressão oral (recorte silábico do nome).
- Nível 4: A criança começa a reconhecer as letras do alfabeto e começa a conseguir associar as letras ao som.
- Nível 5: Embora existissem dificuldades ortográficas, a escrita já é perfeitamente alfabética.

Todos os anos chegam crianças ao ensino básico (1º ciclo) com algumas práticas de escrita ou pelo menos que já têm noções de como se representam alguns caracteres alfabéticos ou não alfabéticos. Muitos destes alunos já trazem consigo alguns vícios posturais e / ou gráficos incorrectos. Assim sendo, cabe professor tentar corrigir estas convenções gráficas, efectuadas pela criança, para facilitar o processo de aprendizagem de escrita. [19]

Algumas das convenções gráficas que este deve aprender são as seguintes: o arranjo gráfico a que devem ser sujeitos os textos para garantir um melhor desempenho no desenho das letras; disposição de palavras, frases e parágrafos; coesão gráfica dos textos, destaque de títulos; alinhamento à esquerda; proporcionalidade gráfica; entre outros elementos; garantindo assim uma clareza na escrita e obtendo informações adicionais na leitura. Estas convenções gráficas são constituídas por grafismos individuais que se articulam entre si: segmentos de recta, linhas oblíquas, círculos, linhas curvas, entre outros, e por isso muitas das letras a serem percebidas e produzidas pelo aluno contêm características idênticas [19].



Figura 1: Desenho das direcções de cada letra [19]

Existem vários tipos de exercícios que podem ser executados a fim de criar algum rigor e perfeição na reprodução de letras: criar padrões de desenhos que englobem partes das letras, permitindo desenvolver a consciência do próprio conceito de padrão, treinar a precisão, a flexibilidade do traço e desenvolver a estética da escrita; colocar a criança de olhos vendados e pedir-lhe para desenhar letras, o que lhe permite interiorizar a forma da letra. [19]

Posteriormente numa fase mais à frente, e relativamente à ortografia, a investigação tem mostrado a existência de um nível elevado de consistência nos padrões de aprendizagem da ortografia. Para que haja um desenvolvimento na competência ortográfica é necessário a criança mantenha elevados níveis de leitura e escrita. É essencial que as crianças na pré-escola e no início do 1º ciclo sejam encorajadas a desenvolver escrita inventada, explorando a ortografia de forma regular, sendo apoiados na procura de padrões e regularidades, estimulando a concepção que a ortografia tem uma lógica [26, 27].

Relativamente à pontuação, esta é classificada como um desafio complexo para quem a utiliza. Uma das razões é o uso dos sinais ou as múltiplas utilizações que esta pode ter. Um estudo sugere que a aprendizagem do uso convencional da pontuação é mais difícil que a aprendizagem das regras ortográficas [25].

Os resultados de um estudo efectuado mostraram que a aprendizagem viso-motora que visa a escrita das letras e também a visualização da realização da mesma, mostrou-se mais efectiva e que provavelmente este será a melhor forma de ensino da escrita a crianças [17].

No entanto é sabido que existem muitas dificuldades para superar todos os estados iniciais para o desenvolvimento da escrita [6].

Dificuldades na aprendizagem da escrita e leitura

Escrita manual competente é uma das habilidades escolares que as crianças devem adquirir para atingir os objectivos na escola primária [19]. No entanto, dificuldades na escrita manual são observadas com frequência em crianças, sobretudo em rapazes, estimando-se que aproximadamente 10 a 20% dos alunos tenham estas dificuldades, podendo estar associada ao método de ensino do professor, à própria criança ou à interacção entre estes dois [17].

Estas dificuldades na aprendizagem na área da leitura e da escrita podem coexistir por diversos motivos:

- **Orgânicos** (cardiopatias, encefalopatias, deficiências sensoriais e motoras, deficiências intelectuais, disfunção cerebral e outras enfermidades de longa duração)
- **Psicológicos** (Desajustes emocionais provocados pela dificuldade que a criança tem no processo de aprendizagem, o que pode causar ansiedade, insegurança e emoções negativas)
- **Pedagógicos** (Métodos de ensino desajustados; deficiências na percepção do nível de maturidade da criança, o que leva à falta de estimulação dos pré-requisitos necessários à leitura e à criança; mau relacionamento entre professor e aluno; superlotação nas Salas de Aula)
- **Socioculturais** (Falta de estimulação, desnutrição, marginalização das crianças com dificuldades em aprender através do sistema de ensino comum)
- **Familiares** (Falta de Apoio parentesco, pais analfabetos, obrigatoriedade de aprender a ler através do uso da violência, bloqueio por associação)

Através de um estudo realizado, foi verificado que existem dois tipos de causas para as dificuldades na leitura: exógenas – exteriores à criança – e endógenas – intrínsecas à criança [36]:

- A primeira causa refere-se à falta de orientação pedagógica do professor, a uma educação infantil deficiente onde é trabalhado a coordenação viso-motora (olho-mão) e áudio visual, rejeição da criança ao ambiente escolar, desmotivação cultural, falta de

valorização das experiências dos alunos, falta de hábitos de trabalho, entre outros [36].

- A segunda causa, e que é evidenciada nos próximos estudos, é referida como carências instrumentais, dificuldades de processamento da informação visual e auditiva, imaturidade psicomotora, imaturidade psicolinguística, problemas orgânicos e genéticos [36].

Os mecanismos subjacentes, responsáveis pelas dificuldades na escrita manual, correspondem a uma actividade complexa em que dois níveis interagem: o nível mais baixo que se refere aos processos perpetuais motores e o nível mais alto que se refere aos processos cognitivos [11]. Estes processos perpetuais motores consistem na informação visual (cópia) ou auditiva (dicção), coordenação motora fina, integração viso-motora. Por outro lado, os processos cognitivos envolvem, tanto, processos da memória de planeamento como a de trabalho, e processos de linguagem mais específica como o código fonológico e ortográfico [11]. Desta forma sabe-se que a criança, primeiro recupera as letras ou palavras correctas da memória, coloca-as na ordem certa e converte-as de fonemas para grafemas (processos de nível mais alto), antes do programa motor correspondente ser seleccionado e executado.

Evidências empíricas referem que os problemas da escrita manual se devem à função motora-perceptual. Vários estudos mostraram que crianças com dificuldades de escrita manual mostram um défice no controlo da coordenação motora fina, enquanto outros estudos referem que a integração viso-motora contribui significativamente para uma escrita lenta e com pouca qualidade [13].

Foi descoberto também que a codificação ortográfica contribuía directamente para a rapidez do texto copiado, sugerindo que em crianças da escola primária, os processos envolvidos na escrita estão constrangidos pelas limitações na capacidade da memória de trabalho [14].

2.1.2. A aritmética

Aritmeticamente, quando as crianças entram na escola começam por falar sobre a soma e subacção, e apenas posteriormente falam sobre multiplicações e divisões. Estas quatro operações aritméticas são as operações básicas essenciais para a aprendizagem matemática nos primeiros anos lectivos escolares [29].

Muitas crianças consideram que aprender matemática é uma tarefa bastante complicada e por vezes aborrecida, devido à falta de empenho ou aborrecimento pela matéria em si, acabando muitas vezes por desistir com relativa facilidade [30].

Alguns estudos referem que os jogos de computadores promovem a aprendizagem [7, 31, 32]. E neste contexto, existem jogos educacionais desenhados especificamente para aprender matemática, como é o caso do Super Tangrams [31]. Este tipo de jogos vão ao encontro das necessidades psicológicas da criança motivando-as a querer aprender matemática. No entanto, e na maioria destes jogos, existe um problema: existe um foco bastante grande apenas nos exercícios, fazendo com que a criança não tenha uma reflexão sobre o conceito, não os aprendendo correctamente. Isto pode levar mais uma vez à falta de interesse e frustração [30].

Foi elaborado um estudo, com crianças de uma escola, com o objectivo de verificar o potencial dos jogos educativos na aprendizagem e promoção de uma atitude positiva em redor da aprendizagem, que testou os efeitos dos jogos educacionais na aprendizagem dos estudantes. O resultado foi bastante positivo no seu desempenho destes [7].

Após observação e estudo de um jogo de matemática desenvolvido com o intuito de ensinar as formas geométricas a crianças, concluiu-se que os factores que afectam a aprendizagem matemática são: o Significado da aprendizagem, a criança tem que encontrar um significado para aprender matemática enquanto está a utilizar um jogo, e neste contexto, poderá ser o facto de querer realizar o máximo de desafios possíveis e conseguir acabar o jogo; Objectivo, os objectivos criam uma sensação de missão nas crianças fazendo com que elas tenham mesmo que conseguir ultrapassar estes objectivos; o Sucesso, o facto de as crianças terem um sentimento de sucesso após cumprirem um objectivo, motiva-as para continuar e posteriormente continuarem a executar mais desafios; os Desafios, as crianças gostam de desafios que possam resolver, e progressivamente, para uma aprendizagem mais eficaz, aumenta-se a dificuldade dos exercícios; Artefactos cognitivos: interacção, este processo ajuda as crianças a desenvolverem a capacidade matemática sobre a matéria que estão a aprender, e comunicação, para as crianças envergonhadas que não gostam de se exprimir e fazer perguntas fora do jogo mesmo que tenham dúvidas, estas sentem-se mais à vontade para se expressar e tirar as suas dúvidas durante o jogo; Associações felizes, se as crianças gostarem do jogo, elas vão associar a matemática ao jogo, que por sua vez é uma boa memória; Atracção, as crianças precisam de ser postas em ambientes de aprendizagem que as atraiam e que desfrutem de aprender; Estímulos sensoriais, as crianças gostam de misturar à diversão de

jogar um jogo, o facto de aprender matemática, para que possa ser mais agradável e memorável [31].

Dificuldades na aprendizagem da aritmética (Discalculia)

Na área da Matemática, o termo discalculia refere-se á capacidade de compreensão dos números e de suas relações, ou seja, a uma dificuldade de executar operações de matemática e faz parte da linguagem quantitativa, estando associada a diversas causas, como a ausência de fundamentação matemática. Estas dificuldades atingem diversos graus, a leitura, a escrita e a ortografia e têm início na faixa etária entre os 4 e os 7 anos, quando a criança começa a fazer uso do julgamento da forma, do tamanho e de outras relações que dependem mais do raciocínio e da experiência [34].

A discalculia infantil é causada por uma falha na formação dos circuitos neuronais, onde existe uma falha na conexão dos neurónios localizados na parte superior do cérebro, responsável pelo reconhecimento de caracteres [35].

A criança que tem discalculia não consegue estabelecer relações entre números, montar operações e identificar correctamente os sinais matemáticos, e está associada a criança com dificuldades de concentração e organização e falta de noção espacial. Caso este distúrbio não seja detectado a tempo, este pode comprometer seriamente o desenvolvimento da criança a nível escolar [34].

2.1.3. Outros (Desenho, Hipermédia)

Desenhar e ler imagens são considerados ferramentas de diagnóstico que contribuem para o desenvolvimento emocional, cognitivo e criativo da criança [23]. O desenho é a forma de representação que pode revelar o conteúdo da imagem mental da criança [21].

O professor ao focar a aprendizagem da criança somente na escrita em vez de usar o desenho como outra forma de comunicação prejudica a capacidade destas para pensar, imaginar e raciocinar por si mesmo. O desenho fornece ferramentas de pensamento, modelagem e comunicação de ideias. A criança consegue transmitir de forma rápida e eficaz conceitos e emoções [24].

Especificamente entre os 4 e os 7 anos de idade, a criança consegue projectar o que sente, mesmo que aos 4 ainda não consiga aceitar opiniões externas. No entanto aos 6 anos, o grafismo representa uma fase mais criativa e diversificada proporcionando uma descoberta maior nas relações entre desenho, pensamento e realidade [22].

Relativamente à Hipermédia, os Sistemas baseados neste tipo de média são particularmente adequados para aplicações de suporte à Aprendizagem, sendo que cada vez mais estes sistemas emulam o papel de um professor fazendo uma aproximação hipermédia no aluno, onde este tem liberdade de acção e é encorajado a tomar iniciativa. A hipermédia, ou como o nome indica hipertexto multimédia, é uma das definições conhecidas por referir hipertexto interliga nós que contêm diferentes tipos de média, como texto, imagens, vídeo e som [12, 10].

Existem muitos sistemas realizados para fins educativos beneficiando de utilização deste tipo de média no suporte à aprendizagem em diversas áreas, para diferentes níveis e implementando diversas estratégias.

Mais especificamente, os vídeos contribuem fortemente para uma autenticidade de um ambiente computacional como estes. Estes têm sido usados para fins de motivação, ilustração de conceitos, ilustração de conceitos ou experiencias como veículo principal de informação, entre outros [9]. Um exemplo é o Vídeo Linguist que contem excertos de programas televisivos para ensinar diversas línguas, mostrando como vantagens programas divertidos e motivados.

2.2. A utilização de ferramentas informáticas

Nos últimos anos a utilização da informática na educação tem crescido consideravelmente. Vários estudos revelam que as escolas que usam computadores no processo de ensino-aprendizagem apresentam melhorias nas condições de estruturação de pensamento do aluno com dificuldades de aprendizagem, compreensão e retenção. Mesmo em conceitos matemáticos, o computador torna a aprendizagem mais evolutiva visto que é um bom gestor de actividades intelectuais, desenvolve a compreensão de conceitos matemáticos nos alunos, promove o texto simbólico capaz de desenvolver o raciocínio sobre ideias matemáticas abstractas e consegue tornar a criança mais consciente das componentes superiores do processo de escrita [8].

Os dispositivos móveis como os telemóveis ou os Tablet PCs têm uma tendência enorme à substituição dos livros por conteúdo digital. Esta deve-se à diminuição do peso da mochila das crianças, à redução de custos na impressão de documentos e, principalmente, por oferecer recursos de pesquisa, de leitura e de comunicação aos alunos, motivando-os mais [3].

Estas tecnologias descentralizam os processos de gestão de conhecimento, pois é possível orientar a aprendizagem em qualquer lugar, a qualquer hora e de diversas formas. Estes dispositivos melhoram a colaboração entre pessoas e ampliam a noção de espaço escolar, integrando alunos e professores de países, línguas e culturas diferentes [3].

Estes dispositivos têm implementado um reconhecedor de escrita manual que reconhece tudo o que o utilizador escreve, sendo uma mais-valia tanto para o Professor como para o Aluno que se inicia na aprendizagem da escrita manual.

Com estas ferramentas informáticas o papel do professor vai deixar de ser um mero transmissor de conteúdos para ser um orientador das actividades realizadas pelo aluno, criando condições de aprendizagem a este. O professor não necessita de focar a sua energia em transmitir informações, mas sim em disponibilizá-las, gerir actividades significativas desenvolvidas pelos alunos, saber orientar cada etapa das actividades didácticas. [54]

2.2.1. A interacção criança/computador

O uso do computador na educação pode ajudar de dois modos: passando a informação para o aluno e como um instrumento que auxilia o aluno a criar, pensar e manipular informação. Ao passar a informação para o aluno, o computador é usado como um livro ou um papel para o Aluno aprender. No entanto como instrumento, o computador é usado como uma ferramenta pedagógica para criar um ambiente interactivo para o Aluno investigar, questionar, pesquisar, criar e assim construir e desenvolver o seu próprio conhecimento [4]. Têm sido desenvolvidos alguns estudos que demonstram que um ambiente de ensino interactivo pode gerar um sistema de aprendizagem e uma instrução eficaz [43].

Assim, o computador vai servir como uma nova forma de aprendizagem estimulando a criança a querer aprender. Através dele, o aluno consegue aprender “a brincar” construindo o seu próprio conhecimento, sem ser punido pelos seus erros. No entanto é necessário controlar a sua utilização para evitar exageros e prejuízos à sua formação [4].

Características motivacionais para crianças

Já referido anteriormente, a população alvo deste projecto são crianças dos 4 aos 7 anos, deste modo coloca-se a seguinte questão: “Como é que uma criança se sente cativada para usar um sistema de informação que a poderá ensinar a escrever?”.

É necessário tentar procurar, com base em estudos diversificados, a resposta para esta questão:

- Um estudo de monitorização de crianças organizado na China, durante 1 mês com alunos com dificuldades de aprendizagem, através de uma ferramenta que continha 8 tipos de jogos de aprendizagem, melhorou a habilidade de percepção visual dos seus utilizadores, obtendo melhores resultados na capacidade de escrita [39]. Este estudo refere a motivação como um factor principal, tornando todas as crianças mais pró-activas em ambientes computacionais [39].
- Na Jordânia, com o apoio de um programa de matemática desenvolvido para crianças, para o impacto do ensino interactivo indica que o uso da comunicação multi-sensorial leva-nos a melhores resultados de aprendizagem, aumentando a motivação nos alunos, e assim existindo uma melhor transferência de informação e um modo mais atractivo de apresentar conteúdo educacional [38].
- Um estudo realizado sobre o desenho de aplicações para crianças indica que muitas das ferramentas existentes têm falta de interactividade com o utilizador, tornando-se aborrecidas para estes [41]. Num projecto desenvolvido e apoiado pela Intel com *classmate PC's*, com tecnologia touch incluída, as crianças gostaram do uso de e-books, visto permitirem todas as tarefas de leitura. A Intel forneceu vários computadores, podendo estes armazenar vários livros. Este estudo tinha como objectivo capturar a leitura e escrita no papel e computador através de tecnologia interactiva para o contexto de ensino e experiencia de leitura na sala de aula [40].
- No KIDPAD, as crianças ficaram motivadas por a aplicação poder ampliar a figuras, desenhando outras figuras dentro delas próprias. E.g. Uma criança desenhava uma cara e dentro do olho da cara, desenhava outra cara, e assim sucessivamente; ampliando a imagem [41].
- A existência de menus de ajuda para encontrar a solução de um exercício/desafio pode servir de factor motivacional para que, caso a criança tenha dúvidas, as possa ver esclarecidas com a ajuda de uma solução possível. [18].

- É necessário também a não existência de comportamentos depreciativos para que, mesmo que as tarefas estejam incorrectas ou menos correctas, não haja uma rejeição por parte do aluno à ferramenta proposta [18].

Características da tecnologia para crianças

As crianças são um público-alvo muito exigente e, por vezes, se existe uma característica que não lhes atraí numa tecnologia, elas deixam de a usar. Tendo em conta este facto, é necessário perceber através de estudos algumas das características necessárias a ter em conta. Segundo Druin, eles querem uma interface que os respeite e que contenham experiências multissensoriais. [44]

Algumas das regras de Schneidermann podem ser aplicadas em produtos para crianças [42], e existem outros aspectos como o uso de ícones e cursores animados, características como áudio, animação, o poder de retornar numa acção e [38] o uso de fontes grandes no ecrã [42].

Num estudo efectuado, o autor indica que devem ser construídos requisitos para a construção de sistemas para crianças: requisitos funcionais, de dados, de ambiente, de utilizador e de usabilidade[42]. Os requisitos funcionais suportam as 3 fases do processo de escrita: planeamento, transcrição e revisão: onde a criança planeia, escreve e altera ou não o que fez. Nos requisitos de dados existem ficheiros “ink” e de texto que estão relacionados. Sendo que cada utilizador pode ter vários documentos e cada documento pode ter vários ficheiros associados. Os requisitos de ambiente indicam que, sendo um sistema usado na sala de aula, deve ser robusto, fácil de aprender e ter ajuda, não necessitando de um professor para funcionar. Os requisitos de utilizador requerem que as palavras e a linguagem precisam de ser simples e o resultado verbal deve poder ser uma opção nos ecrãs de ajuda. As crianças devem conseguir efectuar movimentos básicos de escrita com uma pen no Tablet PC inclusive alfabetos legíveis e de diferentes tamanhos. Os professores apenas devem ser uma ajuda secundária e devem ter uma interface de apoio. Os requisitos de usabilidade definem que a criança deve conseguir compreender o sistema em 10 minutos de utilização [42].

O mesmo estudo indicava o que as crianças sentiram necessidade de pedir para a sua utilização: ajuda para soletrar palavras ou letras, botões de ajuda, as palavras erradas deveriam ser sublinhadas, a possibilidade de alterar o tamanho, estilo, tipo de letra ou outras características de formatação de texto, ícones, teclas para apagar e setas, cursores e botões para retroceder operações [42].

Outro estudo já referido atrás e que indicava a falta de interactividade com o utilizador, afirma que as crianças gostariam de ter um sistema no qual estas se sentissem atraídas, com mensagens de *feedback* imediato, a possibilidade de criar e personalizar o sistema no qual estão a interagir, gostariam de ter um objectivo e um propósito para realizar um exercício proposto por eles ou para eles [41].

Para o uso de e-books, nos *Classemate PC's* e que já foi objecto de estudo anteriormente, a tecnologia *touchscreen* foi um benefício para as crianças com pouca experiência de uso no rato/teclado. Também foram detectadas algumas anomalias por estas: o uso de texto nas imagens era muito pequeno para ler e, ampliando, era muito difícil ver a imagem toda juntamente com o texto; a falta da existência de marcadores para os e-books que obrigavam as crianças a se decorarem o número de página ou o conteúdo; detectaram que era difícil de fazer *scroll* através da tecnologia *touchscreen* [40].

Para escrita, nos *Classemate PC's*, as crianças apreciaram o facto do que estavam a escrever fosse convertido para letras na ferramenta, e a possibilidade de retrocederem uma operação [40].

2.2.2. Reconhecimento da Escrita Manual

Segundo Plamondon e Srihari, “O reconhecimento da escrita manual (*handwriting recognition*) é a tarefa de transformação de uma linguagem representada na sua forma espacial gráfica em uma representação simbólica, que é tipicamente uma representação de caracteres de 8-bits da tabela ASCII.” [2]

Online Handwriting vs. Offline Handwriting

Existem dois tipos fundamentais para o reconhecimento de escrita: O *On-line handwriting recognition* e o *Off-line handwriting recognition* [15].

O *On-line handwriting recognition* é uma técnica que lida com o processamento automático de dados, através de uma caneta digital ou um dispositivo Tablet PC, e que pode ser usada para manipular objectos. [15, 16] Os dados que o utilizador escreve são mostrados através de um script e são armazenados com o tipo de dados “ink” que contém informação como a posição e o tempo, e, que mais tarde, poderá ser usada em algoritmos de reconhecimento. [5] Um sistema de reconhecimento faz este processo de forma automática, fazendo com que sempre

que o utilizador está a escrever ou a desenhar num dispositivo, o sistema transforma-as directamente para o dispositivo sob a forma binária. [20] Resumidamente, este conceito consiste na existência de uma tela electrónica que, cada vez que é pressionada, desenha tinta na tela da ferramenta que a processa gerando um feedback à criança que o está a utilizar. Esta vai ser a tecnologia que irá ser utilizada para a construção da aplicação desta tese. Alguns dos estudos que têm sido atrás indicados usaram este tipo de escrita. [17, 18, 27]

O *Off-line handwriting recognition* centra-se na tarefa do reconhecimento de caracteres e palavras através de uma análise a documentos digitalizados, onde cada documento é analisado espacialmente de forma a reconhecer todos os caracteres existentes na página. Tipicamente, as operações para este reconhecimento são: *Thresholding*: para converter uma imagem cinza numa imagem binária preto-branca; remoção de ruído para remover o fundo, algum ruído na imagem e *strokes* interferidos; segmentação de linhas para a separação individual de linhas de texto; segmentação de palavras para isolamento destas; e por fim, segmentação de caracteres para isolamento de caracteres individuais [15, 16].

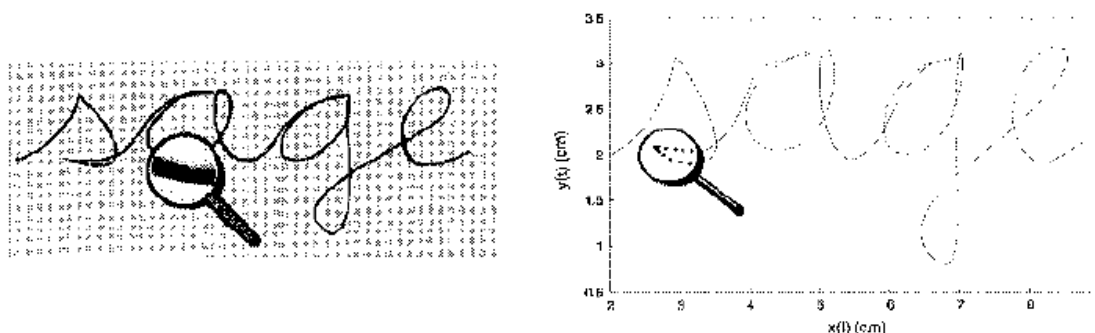


Figura2 a) Offline Handwriting; b) Online Handwriting

2.1.1. Ferramentas

Para a construção desta aplicação é necessário verificar como foram realizadas algumas aplicações anteriores nesta mesma área. Neste sentido, serão apresentadas duas aplicações que suscitaram grande interesse durante a pesquisa.

IWA [18]

O projecto é uma aplicação capaz de funcionar com a interacção Professor – Aluno, onde o aluno teria que representar caracteres, algoritmos ou formas, dados pelo Professor através da

aplicação, para o Aluno aprender a desenhá-los, treinando assim a sua capacidade motora e desenvolvendo várias técnicas de Aprendizagem de escrita. Estas representações eram controladas pela aplicação que gravava todos os movimentos e tempo feitos pelos alunos em formato *XML* para, posteriormente, o Professor conseguisse visualizar as capacidades e a percepção tomada pelos alunos da representação feita. Por sua vez, a aplicação do professor servia para produzir novos desafios aos alunos e verificar o seu desempenho na solução anterior.

Relativamente aos resultados encontrados no que diz respeito à ferramenta da criança, foi sugerido que poderiam ser adicionadas novas funcionalidades de apoio à criança.



Figura 3: Protótipo do Aluno [18]

TRAZO [17]

O Sistema Trazo é uma ferramenta desenvolvida para crianças com 3 anos de idade e tem como foco a fase de pré-escrita: desenhar linhas, curvas e prosseguir para a combinação dos dois.

O sistema avaliava os exercícios automaticamente, mantinha um modelo de utilizador e incluía uma ferramenta de monitorização para mostrar o processo de aprendizagem graficamente.

O propósito desta aplicação é desenvolver a coordenação motora e a percepção visual, aprendendo a manusear o lápis correctamente, praticando a direcção e a pressão do lápis ou outro objecto usado para escrever.

Os resultados apresentados tiveram bastante sucesso, tendo os professores referido que os alunos obtinham melhores resultados quando utilizavam este tipo de dispositivos, visto que desta forma, existia um controlo na aprendizagem das crianças, a fim de as ajudar a melhorar a escrita, melhorando as suas capacidades face às suas dificuldades.

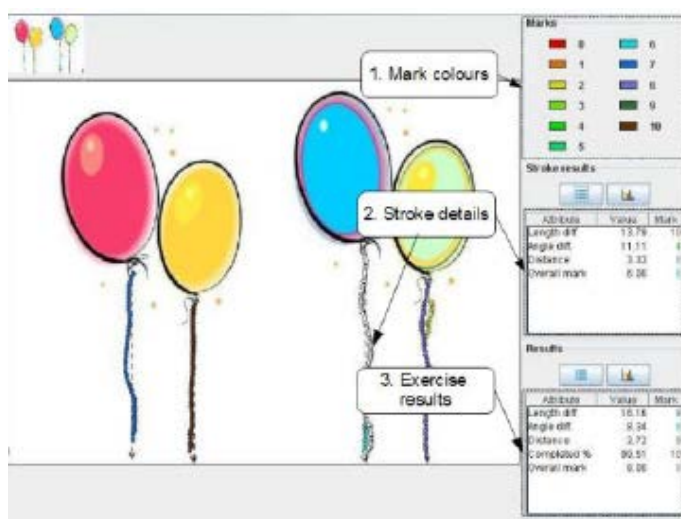


Figura 4: Trazo [17]

Ferramenta de mistura de cores [4]

Foi realizado um trabalho no Brasil envolvendo 38 alunos da pré-escola com o intuito de perceber a utilização do computador como ferramenta de auxílio na aprendizagem infantil. Este trabalho consistiu na realização de uma análise de requisitos junto com os alunos, e com a supervisão do professor, sobre uma aplicação de mistura de cores, onde eles poderiam alterar algumas funcionalidades deste. Deste modo, os alunos tiveram uma participação activa e criativa no processo de construção deste.

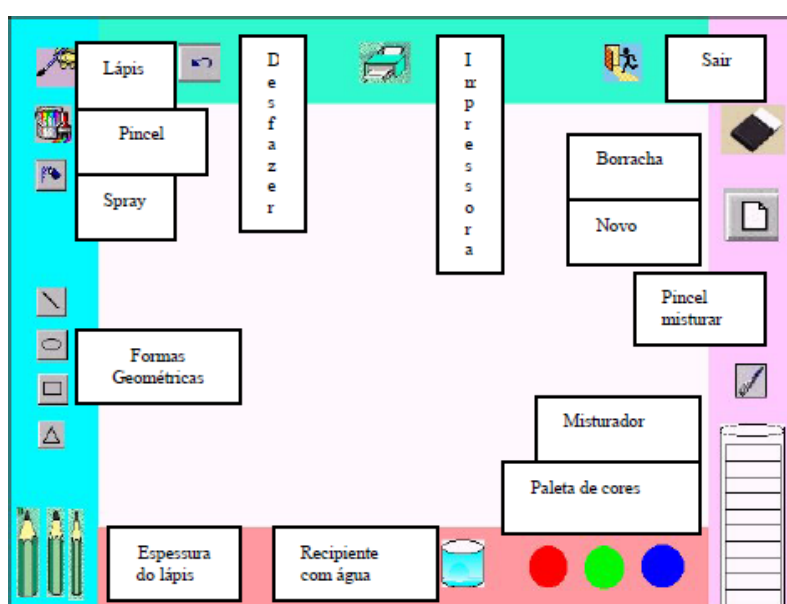


Figura 5: Ferramenta de mistura de cores [14]

2.3. Sumário

Este capítulo forneceu um enquadramento dos principais tópicos do CaiMU, em que consiste e quais os seus principais requisitos. Assim, é possível entender em que se vai basear a aplicação feita para os Alunos e quais os principais objectivos ao nível de requisitos e funcionalidades.

Foi também descrita como é feita a interacção entre a criança e computador neste tipo de ferramentas e algumas das aplicações existentes e quais as suas lacunas, tal como o tipo de exercícios a realizar e quais as características necessárias para motivar as crianças.

Este capítulo transmite uma componente teórica que permite compreender o estado da arte e o que ainda precisa de ser feito nesta área.

Assim, os requisitos globais e fulcrais importantes são:

1. Uma ferramenta para o professor criar, editar e manipular desafios para os Alunos;
2. Uma ferramenta para o Aluno resolver os exercícios criados pelo Professor.

Capítulo 3

Especificação de Requisitos

Todo o trabalho relacionado descrito no capítulo 2 contribuiu para melhorar os conhecimentos sobre o domínio em que este trabalho se insere, identificando as partes interessadas: Professor e Aluno, para que seja construída uma aplicação acessível ao conhecimento de ambos. Verificou-se que o processo de ensino e aprendizagem da Escrita e Aritmética exige um elevado esforço, persistência e consumo de tempo a ambas as partes, e para isso é necessário que esta aplicação consiga combater tudo isto. Para que a transmissão de conhecimento continue a ser feita do Professor para o Aluno é necessário que este, apesar de não controlar a ferramenta do Aluno, seja capaz de verificar tudo o que ele faz na sua aplicação. Assim é necessário que o professor consiga criar os exercícios na ferramenta dele e, posteriormente os possa rever e tirar algumas relações para a criação de novos exercícios.

Numa primeira análise, e com ajuda da Secção 2, foram retirados diversos requisitos tanto para a ferramenta do Aluno como para a ferramenta do Professor. Especificamente, os requisitos do aluno são:

- Necessidade de ter uma tela para executar livremente os exercícios.
- Existência uma barra de avaliação que avalie o aluno de forma automática, e neste caso é possível aplicar uma barra de progresso que através de um algoritmo específico, atribua uma pontuação ao aluno.
- Existência de um algoritmo de ajuda que forneça um *feedback* em tempo real ao aluno, de modo a que este possa perceber se está a executar correctamente o exercício.
- Necessidade de guardar todos os dados que o aluno executa na tela para que o professor os possa ver.
- Criar um painel onde o aluno poderá escolher a ordem dos exercícios a executar.
- Ter uma opção de ajuda para que, em caso de dificuldades, o aluno possa recorrer à ferramenta, sem este ter que chamar o professor.
- Ter uma opção para reiniciar o exercício, caso seja necessário.
- Caso o aluno resolva um conjunto de exercícios com sucesso, é necessário que a ferramenta forneça uma recompensa para o aluno continuar a se sentir motivado.

Com estes dados é possível construir um esboço de um caso de uso simples para ver como a ferramenta vai funcionar:

Caso de Uso:	Executar um exercício
Actor Principal:	Aluno
Stakeholders:	Aluno: - Possibilidade de ver a resolução da aula pelo aluno, em caso de necessitar de ajuda. - Possibilidade de reiniciar os exercícios em caso de engano.
Pré-Condições:	O Professor ter criado o exercício anteriormente.
Pós-Condições:	N/A
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O aluno pressiona num botão do painel com os exercícios a executar. 2. O sistema devolve o exercício na tela para o aluno resolver. 3. O aluno resolve o desafio. À medida que o aluno está resolver o exercício, o sistema vai indicando se o aluno está a fazer o desafio correctamente. 4. O aluno clica na barra de progresso. 5. O sistema devolve a pontuação ao aluno. <p>Caso a pontuação seja superior à indicada pelo professor, e o aluno já tenha resolvido com sucesso mais exercícios, o sistema devolve uma recompensa.</p>

Tabela 2: Caso de Uso Executar um exercício

Por outro lado, as especificações da ferramenta do Professor são:

- O professor necessita de ter uma tela para criar e editar todos os caracteres alfanuméricos e grafemas para os alunos representarem.
- Possibilidade de agrupar mais que um caracter/grafema numa tela para criar um exercício, de modo a que este não se limite apenas a um grafema ou caracter específico.
- Guardar todos os pontos que o professor desenha na Tela para posteriormente serem representados na ferramenta do aluno.
- Ter a possibilidade de criar exercícios de matemática e língua portuguesa para diferenciar os vários tipos de exercícios e algoritmos a utilizar durante a avaliação.
- Definir a pontuação que o aluno necessita de ter.

- Ter a possibilidade de escolher o tipo de representação na tela do aluno:
 - Desenhar ponto a ponto se o exercício for difícil.
 - Desenhar a tracejado se for intermédio.
 - Desenhar normalmente caso seja fácil.
- Possibilidade de ver os exercícios que o aluno realizou, para que o professor os possa analisar e criar novos mais difíceis e adequados.
- Necessidade de agrupar um conjunto de exercícios de modo a que o aluno não necessite de estar constantemente a carregar um exercício sempre que o quiser executar.

Com estes requisitos, é possível criar novamente um esboço de um caso de uso para a criação de exercícios na ferramenta do aluno.

Caso de Uso:	Criação de um Exercício
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Facilidade para criar novos exercícios para o aluno.
Pré-Condições:	- O Professor ter criado grafemas ou carácter alfanuméricos.
Pós-Condições:	São guardados todos os dados relativos ao exercício criado pelo professor.
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O professor adiciona os grafemas e os caracteres alfanuméricos à tela e posiciona-os onde quer. 2. O professor escolhe o tipo de avaliação a executar. 3. O professor escolhe o tipo de representação na tela do aluno. 4. O professor define a pontuação que o aluno necessita de ter. 5. O professor guarda o exercício.

Tabela 3: Caso de Uso Criação de um exercício

Toda a informação guardada por ambas as ferramentas deve funcionar independentemente da resolução do ecrã, e assim os pontos devem ser ajustáveis em telas diferentes.

Adicionalmente e numa fase mais avançada, para ajudar na construção desta aplicação, a Professora do Ensino Básico Tatiana Correia expôs alguns requisitos que poderiam completar todo o estudo relacionado sobre este trabalho de forma a otimizar a solução de ambas as ferramentas. Para a ferramenta do Aluno, os requisitos são:

- A ferramenta necessita de ter poucos botões de modo a não baralhar os alunos.
- Estes botões necessitam de ser grandes para chamarem à atenção dos utilizadores e necessitam de estar posicionados estrategicamente para serem acedidos facilmente. Neste contexto, se a posição for do lado esquerdo da tela, não existe a possibilidade de, à medida que os alunos estão a executar os exercícios, tocarem com a mão direita nos botões.
- Criar um ambiente infantil para que estas se sintam motivadas, onde é possível adicionar imagens aos exercícios.
- Colocar a barra de progresso por cima da tela, e afastada de modo a que esta não esteja no campo de visam dos alunos enquanto estes estão a executar os exercícios. Assim eles não a pressionam antes de acabarem.

Na ferramenta do professor, os requisitos são:

- Adicionar opção para adicionar imagens, de modo a que os exercícios tenham um ambiente mais infantil ou possam representar os caracteres representados na tela.
- Possibilidade de fazer ambas as avaliações para ajudar os alunos em exercícios específicos.
- Adicionar opção para escolher o número de crianças a executar o desafio, onde o professor pode decidir se estas vão ou não trabalhar em grupo.
- Adicionar opção para permitir ajuda, onde o professor pode decidir se o aluno pode executar a ajuda ou não.
- Adicionar uma Imagem de Ajuda que representem números para ajudar os alunos nos desafios de Matemática.
- Por vezes, na preparação de um conjunto de exercícios é necessário verificar os dados mais importantes de um à escolha de modo a que o professor saiba qual é o exercício em questão.
- Atribuir uma recompensa a um conjunto de exercícios que, após serem executados com sucesso, será mostrada ao aluno.
- Verificar os dados mais importantes dos exercícios que foram resolvidos pelo aluno.
- Criar um painel que indique se os exercícios foram resolvidos com sucesso ou não.

Deste modo foram registados todos os requisitos necessários para a construção desta aplicação.

Capítulo 4

Plataforma CaiMU

O Capítulo 3 foi essencial para identificar toda a especificação necessária e assim produzir uma arquitectura para esta plataforma. Esta está agrupada por quatro componentes principais: um repositório de dados, um conjunto de bibliotecas, e ambas as interfaces: a interface do professor e a interface do aluno, que serão descritas no capítulo seguinte. A figura 6 ilustra a sua arquitectura.

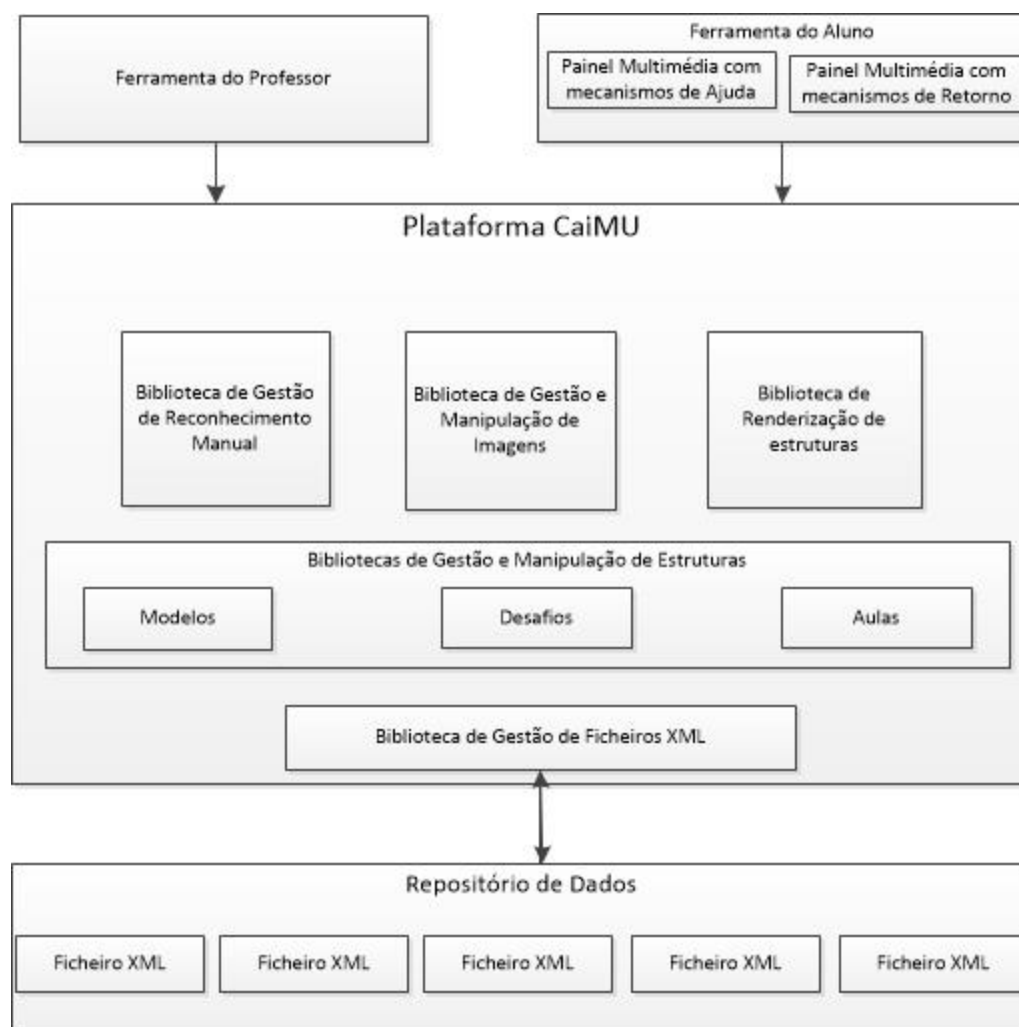


Figura 6: Arquitectura da Plataforma CaiMU

O repositório de dados é constituído por ficheiros com toda a informação base para ambas as ferramentas funcionarem. Estes dados são criados por ambas as ferramentas e guardados em formato XML.

A plataforma CaiMU permite interpretar e manipular toda a informação existente no repositório de dados. Cada vez que uma das ferramentas é utilizada e é necessário ir buscar informação ao repositório de dados, eles são sujeitos a várias transformações para que possam ser apresentados correctamente em ambas as ferramentas.

Tanto a ferramenta do Aluno como a do professor permitem criar e utilizar toda a informação fornecida no repositório de dados. É aqui que vai existir uma interacção directa com os diferentes tipos de utilizadores.

Todos estes componentes são bastante importantes e, sem eles, não é possível utilizar esta plataforma.

4.1. Repositório de Dados

Para facilitar o armazenamento deste tipo de informação de forma simples e eficaz serão utilizados ficheiros estruturados, pois não existe a necessidade de realização de transacções complexas sobre a informação utilizada. Como a quantidade de informação produzida tanto pelo aluno como pelo professor é bastante reduzida, não é necessário a existência de um motor de base de dados dedicado para o armazenamento e gestão destes conceitos, pois todo este processo implicaria a instalação de diversos componentes de software relacionados com o SGBD seleccionado nos seus dispositivos. Todas as transacções executadas por este sistema são operações de leitura e escrita de informação e, deste modo, o uso de um conjunto de ficheiros XML são uma realidade a ter em conta. Estes ficheiros XML contêm todos os dados relativos a Modelos, Desafios, Aulas, Aulas resolvidas e Desafios resolvidos. E, cada um deste tipo ficheiros contêm uma estrutura hierárquica própria com todos os dados e meta dados relevantes para a sua caracterização, que são criadas através de opções tomadas pelo utilizador em ambas as ferramentas.

A figura 7 mostra diagrama E/A destes conceitos.

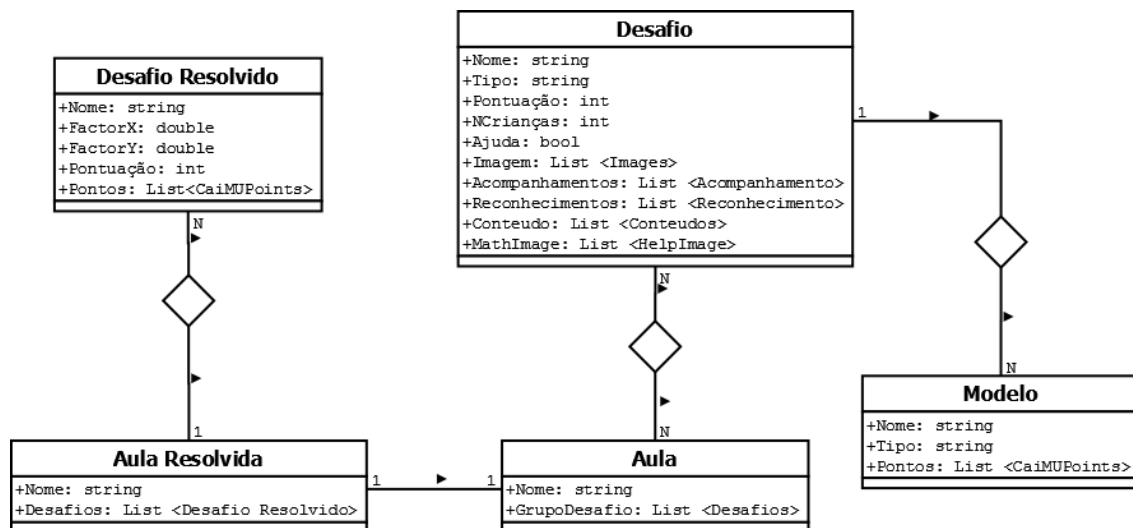


Figura 7: Diagrama E/A do Repositório de Dados

O Modelo é uma unidade elementar do processo de definição de exercícios e corresponde a qualquer grafema criado ou executado pelo professor que, posteriormente, será guardado no sistema (e.g. Desenhar uma letra, um número ou um Trabalho Autónomo). Os modelos são utilizados em todas as interfaces existentes de ambos os utilizadores assumindo um papel fundamental na organização de conceitos. Estes não têm tamanho limite e apenas é possível criá-los e editá-los pelo utilizador.

Por sua vez, um Desafio consiste em associar um ou mais modelos a uma tarefa específica. Estas tarefas são o objectivo que o Professor pretende que a criança consiga alcançar (e.g. seguir uma linha, realizar uma conta, escrever uma letra).

Finalmente, uma Aula é constituída por um agrupamento de Desafios sequenciais que um Aluno deverá executar. Face à lógica hierárquica apresentada, a composição da Aula a apresentar aos alunos deve ser um processo que fomente efectivamente a reutilização de Desafios previamente definidos reduzindo assim a carga de esforço do professor.

Todos estes conceitos necessitam de ser guardados em formato digital e organizados de forma conveniente de modo a facilitar o acesso a eles pelas ferramentas computacionais do professor e do aluno.

É necessário também referir que todos os dados e meta dados guardados, e que são descritos posteriormente em cada um dos ficheiros, antes de serem guardados sofrem um processo de transformação para se obter uma normalização, que transforma o tamanho da tela num

referencial x,y entre 0 e 1. A sua utilidade é fulcral no ajuste do conteúdo em diferentes telas: o eixo de coordenadas (x,y) vai ser dividido pelo comprimento e altura do tamanho da tela, onde o eixo dos x's é dividido pelo comprimento e o eixo dos y's pela altura. Assim, e independentemente da resolução de ecrã utilizada pelo utilizador, a tela tem sempre os dados ajustados ao seu tamanho.

Seguidamente são descritos os atributos de cada classe de forma a explicar todo o processo envolvente no Repositório de Dados.

4.1.1. Modelo

O XML do Modelo agrega toda a informação relativa ao Modelo criado pelo professor e a sua constituição. Esta informação é bastante importante visto conter informação de toda as coordenadas relativas à visualização do desenho do grafema apresentado na ferramenta. Os atributos que o constituem são o Nome, o Tipo, que indica se este é do tipo letra, número, livre ou *background* de um desafio; e Pontos Captados: pontos captados pelo Professor quando este está a desenhar o Modelo na tela da sua ferramenta. Estes pontos correspondem a uma lista que contém um conjunto de *strokes* constituídos por coordenadas X,Y: correspondentes às coordenadas cartesianas de onde o professor desenhou na Tela; e por uma variável de tempo T que indica o tempo decorrido desde o início da execução do Modelo. Cada *stroke* é feito desde o início em que o professor coloca a caneta de apoio do Tablet PC na tela e a retira do mesmo. Esta estrutura tem o objectivo de melhorar as funcionalidades de simulação do gesto a realizar quando é feito um pedido de ajuda pelo aluno, demonstrando correctamente o gesto efectuado quando este é composto por vários traços.

4.1.2. Desafio

O XML do Desafio agrega toda a informação fornecida pelo professor no acto da construção de um Desafio. Esta informação visa otimizar o desempenho das duas ferramentas. Os atributos que o constituem são o *Nome*; o *Tipo*, que indica se o desafio é de matemática, língua portuguesa ou desenho; a *pontuação mínima*; o *número de crianças* a executar; se o aluno pode ou não pedir ajuda; uma *lista de imagens* e de *imagens de ajuda* que contém um

conjunto de imagens constituídos pelo nome da imagem e coordenadas X,Y: correspondentes ao espaço cartesiano onde o professor as colocou na Tela; uma lista de *acompanhamentos* que faz referência ao tipo de avaliação que o professor pede para o aluno realizar. Se esse tipo de avaliação for Avaliar Escrita do Aluno ou Avaliar Escrita do Aluno e Resultado, o acompanhamento é constituído por uma lista de *BoundingBoxes*: rectângulos definidos pelo professor para o aluno resolver um exercício; e pelo tipo de contorno que o este vai ter na *BoundingBox*. Em desafios de acompanhamento sem *BoundingBox*, o aluno resolve o desafio na tela toda; uma lista de *reconhecimento*, que mais uma vez, faz referência ao tipo de avaliação que o professor pede para o aluno realizar. Se esse tipo de avaliação for Avaliar Resultado ou Avaliar Escrita do Aluno e Resultado, o reconhecimento é constituído por uma lista de *BoundingBoxes* e pelo tipo de contorno que este vai ter na *BoundingBox*; e, por fim, uma lista com o *Conteúdo* que corresponde a uma lista de Modelos utilizados pelo professor. Esta lista contém as coordenadas cartesianas X,Y relativas a onde estes foram colocados na tela; o nome do modelo utilizado e o número de repetições que cada modelo vai ser desenhado horizontalmente na Tela.

4.1.3. Aula

O XML da Aula agrega toda a informação fornecida pelo professor no acto da construção de uma aula. Este corresponde ao último nível da hierarquia e deste modo, é o ficheiro com menos informação. Os seus atributos são o *Nome* e uma lista que tem o nome dos Desafios que o professor quer que o aluno execute e uma recompensa definida pelo professor. A recompensa é uma imagem que, sempre que um Aluno resolve com sucesso um conjunto de Desafios, é colocada na Tela.

4.1.4. Aula Resolvida

O XML da Aula Resolvida agrega toda a informação fornecida pelo aluno no acto da resolução de uma Aula. Este XML, juntamente com a Aula, corresponde ao último nível da hierarquia relativa à ferramenta do Aluno, sendo por isso um ficheiro com pouca informação. Os seus atributos são o *Nome* e uma *lista de desafios resolvidos* da Aula efectuada pelo Aluno. Esta lista apenas contém os seus nomes.

4.1.5. Desafio Resolvido

O XML do Desafio Resolvido agrega toda a informação fornecida pelo aluno no acto da resolução de um desafio de uma Aula. Esta informação é bastante importante para que o professor possa verificar e analisar toda a resolução de um desafio específico relativo a um aluno. Os seus atributos são o Nome; o ponto de coordenadas X relativo ao ponto mais à esquerda da resolução do exercício do Aluno. Esta coordenada vai ajudar a dispor o desafio quando o professor estiver a verificar os desafios resolvidos por um determinado aluno; o ponto de coordenadas Y relativo ao ponto mais acima da resolução do exercício do Aluno. Tal como a anterior, esta coordenada vai ajudar a dispor o desafio quando o professor estiver a verificar os desafios resolvidos por um determinado aluno; a pontuação obtida pelo aluno e uma lista de pontos captados durante a resolução realizada pelo Aluno na sua ferramenta. Estes pontos, tal como os pontos captados no XML do Modelo, correspondem a uma lista que contém um conjunto de *strokes* constituídos pelas coordenadas cartesianas X,Y e por um T: as coordenadas X são calculadas através do eixo de coordenadas X correspondente a um ponto que o aluno desenhou na Tela menos a coordenada mais à esquerda desenhada na Tela; as coordenadas Y são calculadas através do eixo de coordenadas Y correspondente a um ponto que o aluno desenhou na Tela menos a coordenada mais a cima desenhada na Tela; e por ultimo a variável de tempo T que indica o tempo decorrido desde o inicio da execução do Modelo.

4.2. Plataforma CaiMU

A plataforma CaiMU é constituída por um conjunto de bibliotecas capazes de otimizar todo o processo de gestão e manipulação de todos os dados e estruturas incluídos no repositório e por um conjunto de algoritmos para fazer a avaliação que apenas são utilizados na ferramenta do Aluno. Todas as suas funcionalidades visam conectar o repositório descrito às ferramentas do aluno e do professor. Estas funcionalidades estão ilustradas na figura 6 e são as seguintes:

4.2.1. Biblioteca de Gestão de Ficheiros XML

Ambas as ferramentas, do professor e do aluno, necessitam de partilhar informação para que tudo funcione da melhor maneira. Deste modo é necessário, e tal como explicado no Repositório de dados, que a informação partilhada esteja em formato estruturado XML. Para a que esta partilha de informação seja feita foi utilizada a classe `System.Xml.Linq`. Esta classe é uma interface de programação XML *in-memory* que fornece a possibilidade de alterar documentos XML de forma fácil e eficiente [47]. Assim, e através desta classe, foi possível extrair toda a informação dos ficheiros XML para os colocar nas respectivas estruturas. É também possível inverter o processo e criar árvores XML a partir de estruturas, que serão explicadas na próxima subsecção.

A biblioteca de Gestão de Ficheiros XML tem como objectivo não só extrair a informação destes ficheiros, e por isso usar as opções de leitura para ler do ficheiro XML; como também criá-los com toda a informação necessária para a boa execução de ambas as ferramentas, e assim escrever para os ficheiros XML quando for necessário guardar a informação; alimentando desta forma toda a plataforma. É por isso um ponto de partilha entre elas.

4.2.2. Bibliotecas de Gestão e Manipulação de Estruturas

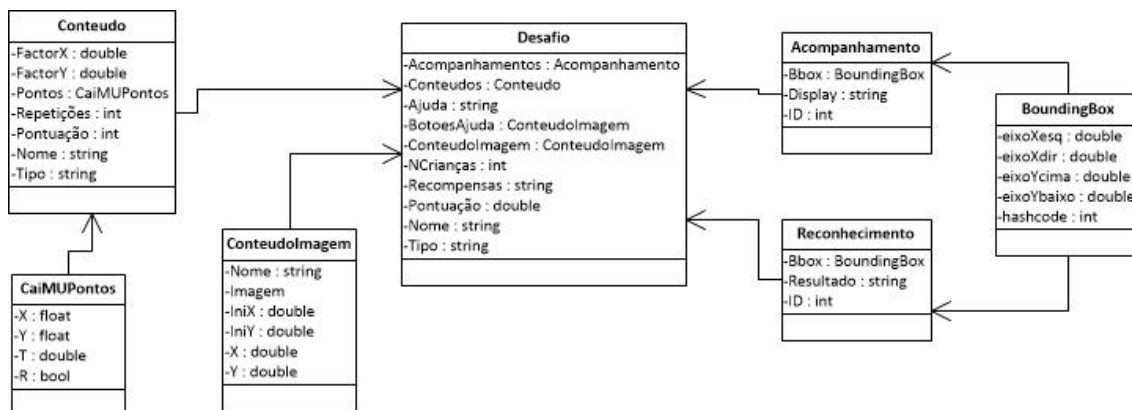


Figura 8: Diagrama das Bibliotecas de Gestão e Manipulação de Estruturas

Foi desenvolvida uma estrutura de dados capaz de guardar e otimizar todos os processos existentes que necessitam de ser feitos após a extracção de informação feita nos ficheiros XML correspondentes, descrita na subsecção anterior. Assim, quando é necessário aceder a opções de leitura de dados nos ficheiros XML, todas estas estruturas vão ser instanciadas para guardar a sua informação. Visto esta informação estar normalizada, é necessário ajustar os dados à tela através de transformações matemáticas que multiplicam os dados anteriores pelo tamanho da tela. O processo inverso é utilizado quando é necessário guardar toda informação para os ficheiros XML.

4.2.3. Bibliotecas de Gestão de Reconhecimento Manual

A biblioteca usada para Gestão de Reconhecimento Manual é a biblioteca já existente InkManager. Esta biblioteca fornece métodos e propriedades para gerir *inputs*, manipulações e processamento de um ou mais objectos InkStroke, incluindo reconhecimento de escrita [46]. Deste modo, sempre que um exercício tem como tipo de avaliação: Avaliar Resultado, é necessário que todos os caracteres que o aluno desenhou possam ser reconhecidos por esta biblioteca a fim de o sistema perceber automaticamente o que o aluno desenhou e calcular se o resultado está certo. Todo o reconhecimento manual é feito e processado aqui.

4.2.4. Biblioteca de Gestão e Manipulação de Imagens

Após a realização de uma Análise de Requisitos, onde se descobriu a necessidade de existirem imagens com o intuito de adicionarem margens ou outras imagens à Tela, foi inevitável a criação de uma estrutura de dados que, tal como o nome indica, têm como objectivo gerir e manipular as imagens na Tela. Deste modo todas as imagens existentes na Tela que são, ou não, adicionadas pelo professor são estruturadas aqui e, sempre que existe a necessidade de alterar a localização desta, e por isso manipula-las, esta estrutura vai ser actualizada. Mais um vez, os dados respectivos à localização geométrica das imagens são normalizados e, por isso, também eles são alvos de transformações geométricas para actualizar a respectiva localização.

4.2.5. Bibliotecas de Renderização de Estruturas

A Biblioteca de Renderização de Estruturas tem um papel fundamental na apresentação da informação extraída pela Biblioteca de Gestão de Ficheiros XML principalmente nos ficheiros correspondentes aos Modelos. Deste modo, tanto a Biblioteca de Gestão de manipulação de imagens, como a biblioteca de Gestão e manipulação de estruturas fazem a ponte entre a Biblioteca de Gestão de Ficheiros XML e esta: a informação extraída dos ficheiros XML é colocada nas estruturas correspondentes, são realizadas todas transformações matemáticas referentes ao processo de normalização e seguidamente são renderizados todos os dados e imagens.

A reprodução de ajuda, quando solicitada pelo aluno, também vai ser auxiliada aqui. O processo de renderização vai simular o desenho do modelo de cor diferente por cima do modelo principal. Esta é uma ajuda fundamental para o Aluno visto que, deste modo, ele poderá verificar todo o processo realizado para desenhar o modelo em questão.

4.2.6. Algoritmo de Cálculo do ponto do Modelo mais próximo

Este algoritmo, que calcula a distância entre o ponto desenhado e o ponto sequencial mais próximo do modelo, recorre a dois conceitos: o número máximo de pontos sequenciais de pesquisa no Modelo, que garante que o algoritmo se encontra a estabelecer a correcta

correspondência entre o ponto desenhado e ponto mais próximo do modelo, e a extrapolação dos seus pontos captados e escalados de forma a determinar os pontos possíveis do gesto.

Caso um ponto desenhado fosse incorrectamente mapeado com o ponto do modelo, se o algoritmo não tivesse um intervalo máximo de pesquisa de pontos sequenciais, poderia existir um desajuste no cálculo da distância ao ponto mais próximo. Isto verifica-se na figura abaixo: a letra “u” minúscula apresentada é desenhada com a sobreposição de vários traços: inicia-se o desenha com um traço ascendente (1) seguido por um descendente (2) causando sobreposição parcial ao primeiro traço. Seguidamente este processo é repetido novamente (3). Assim durante a execução do desenho deste modelo, o aluno pode desenhá-lo o traço ascendente mais próximo do traço descendente. Para este algoritmo, o número máximo de pontos sequenciais a analisar foi definido em 30, valor que após várias observações directas do comportamento do mecanismo, pareceu garantir a eficiência do mesmo.

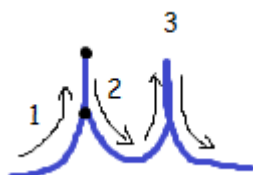


Figura 9: Gesto realizado pela letra u

A extrapolação dos pontos captados no modelo é bastante importante pois os pontos captados correspondem a eventos intervalares que não garantem distâncias regulares entre os pontos, e por isso mesmo é fortemente interligada ao conceito anterior. Como todos sabemos, o professor, por já dominar a técnica da escrita, desenha os movimentos de um modelo mais rapidamente que um aluno e, deste modo, são capturados menos pontos que o aluno que por sua vez captura muitos mais. Este algoritmo, caso a distância das coordenadas individuais entre dois pontos sequenciais captados seja superior a um, gera automaticamente todos os pontos com coordenadas cartesianas (x , y) de valor inteiro que estão entre eles. Estes pontos não são temporizados visto que apenas servem para apoiar os mecanismos de avaliação e de auxílio em tempo real. Deste modo este algoritmo apresenta uniformidade de pontos dado que estes são sequenciais e com intervalos regulares mínimos.

4.2.7. Algoritmo de avaliação

Esta ferramenta possui também um outro algoritmo de avaliação que permite quantificar o desempenho do aluno com base na percentagem da execução/cobertura do gesto do modelo e a média dos desvios observados, valorizando assim a execução do desafio. Este algoritmo apenas é usado se o tipo de avaliação corresponder a Avaliar Escrita do Aluno ou Avaliar Escrita do Aluno e Resultado.

A percentagem de execução do modelo pela criança determina o valor da pontuação atribuída pelo algoritmo. Assim, se a criança executar perfeitamente todos os gestos necessários, ela será premiada com percentagem do gesto coberto. O mesmo se verifica para o contrário. Tal como indicado anteriormente, o ponto que apresenta menor desvio relativamente ao ponto do modelo e ao último ponto captado na execução do aluno é determinado dentro dos 30 pontos sequenciais relativos ao último ponto mapeado. Assim a métrica de cobertura (α) corresponde à expressão: $\alpha = \sigma / \tau$, em que o σ é índice do ponto do modelo correspondente ao último ponto desenhado e o τ é o número total de pontos do modelo.

A média aritmética das distâncias absolutas aos pontos do modelo que sequencialmente lhes estão mais próximos corresponde à média da distância dos pontos captados durante a execução do desafio aos pontos do modelo do professor. A soma destas distâncias é dividida pelo número de pontos captados originando assim o valor do desvio médio. Esta métrica não corresponde a um valor absoluto, mas sim aproximado, pois apenas são considerados os pontos captados e não os extrapolados do gesto desenhado. Isto deve-se, pois uma extrapolação comparada tem que garantir que o número de pontos comparados é o mesmo tanto no modelo como no gesto executado pela criança, necessitando de os normalizar; e porque a comparação da extrapolação dos dois gestos corresponde à mesma superfície, ou seja, caso o aluno execute parcialmente o gesto, esta comparação terá de ser igualmente parcial.

A média dos desvios θ é usada no cálculo da métrica de desvio δ que reflecte a classificação do gesto face ao desvio máximo definido pelo professor. Esta tem a seguinte fórmula:

$$\delta = \begin{cases} 1 - \theta / \eta & \text{se } \theta < \eta \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Figura 10: Fórmula que reflecte a classificação do gesto face ao desvio máximo

em que η é o valor do desvio máximo definido para o desafio. Os factores métrica de cobertura e métrica de desvio são aplicado numa fórmula que traduz a pontuação obtida pelo algoritmo em valores percentuais. Esta pontuação tem a seguinte expressão: $P = \alpha * \delta * 100$.

Caso o tipo de avaliação do desafio for Avaliar Escrita do Aluno e Resultado é necessário também ter em conta se o resultado está certo. E neste contexto a pontuação terá adicionalmente esta fórmula: $\Psi = P + \Delta / 2$, em que Δ é a média do somatório dos resultados de cada Bounding box.

Após ser computada a classificação do desempenho do aluno, o programa irá comparar com a pontuação mínima atribuída pelo Professor, para determinar se o desafio foi superado com sucesso ou não, e indica o mesmo à criança numa barra de progresso construída para o efeito.

4.3. Sumário

Com base na especificação de requisitos, realizada no capítulo anterior, foi desenvolvida uma arquitectura composta por três secções: um repositório de informação, sob a forma de ficheiros estruturados, uma plataforma de componentes computacionais que interagem com a informação de base, relacionando-se entre diversos níveis, e as ferramentas computacionais para alunos e professores construídas sobre esta plataforma e que serão descritas no próximo capítulo.

O Repositório de Dados está dividida em vários tipos de informação e a sua principal função é guardar todos os dados fornecidos pelas ferramentas dos Alunos e Professores.

A plataforma de componentes tem um conjunto de bibliotecas que fornecem várias funcionalidades de apoio importantes para a concepção das interfaces destas ferramentas. Esta distingue cinco níveis de componentes: a Biblioteca de Gestão de Ficheiros XML, que lê e escreve para os ficheiros XML; a Biblioteca de Gestão e Manipulação de estruturas, para instanciar todos os dados extraídos nestes ficheiros; a Biblioteca de Gestão e Manipulação de Imagens, que através dos dados extraídos identifica as imagens e a sua posição na tela; a Biblioteca de Gestão de Reconhecimento de Imagem, que é usada na ferramenta do aluno para reconhecer o que este escreve na tela e a Biblioteca de Renderização de Estruturas, que renderiza todo o conteúdo extraído dos ficheiros XML na tela.

Esta plataforma fornece também dois algoritmos que ajudam na ferramenta do aluno durante a execução dos desafios e no cálculo do valor que este terá após a execução do desafio.

Capítulo 5

Interface CaiMU

O processo de ensino e aprendizagem da escrita com recurso a duas ferramentas, apesar de se dever basear no processo tradicional, tem de compreender algumas melhorias, sendo que a principal assenta na autonomização da criança face à sua necessidade de apoio e avaliação.

Inicialmente, e após o professor fornecer os conteúdos programáticos de forma manual, é necessário criar exercícios com objectivos associados que contribuam para a aprendizagem do programa e as instruções para a sua realização.

É essencial que, numa fase posterior à resolução da Aula pelo aluno, o professor possa verificar quais foram as suas dificuldades analisando todos os desafios executados por este. Só assim ele pode conceber novos desafios específicos para ultrapassar dificuldades ou promover a aprendizagem pretendida por este.

5.1. Análise das interfaces da Ferramenta do Professor

Face aos conceitos descritos anteriormente, a ferramenta do professor é constituída por diversas interfaces para otimizar e facilitar a criação, edição e revisão de Modelos, Desafios e, por fim, Aulas.

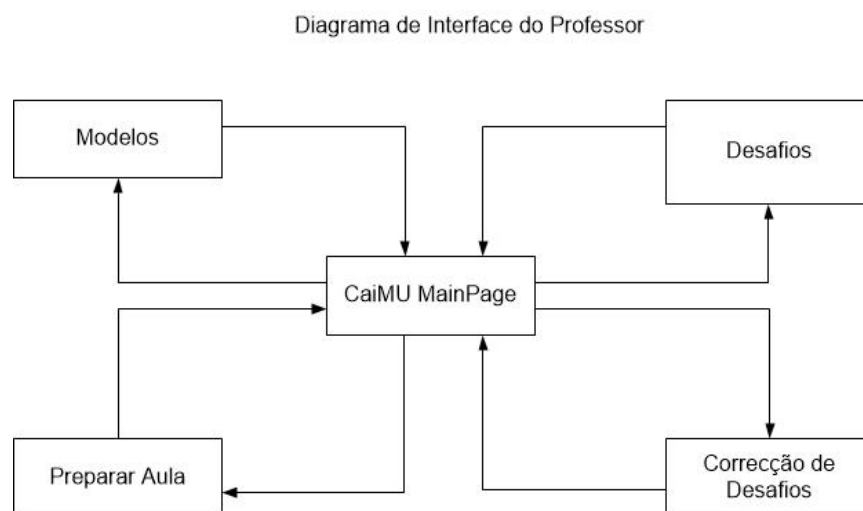


Figura 11: Diagrama de Interfaces do Professor

Estas interfaces são exclusivamente da responsabilidade do professor, sendo por isso flexíveis: o professor tem toda a liberdade para definir o conteúdo programático ou exercícios; específicas: capacidade de criar exercícios específicos adaptados às dificuldades de cada criança; e modulares: onde existem vários modelos associados a cada Desafio que podem ser reutilizados de formas diversas na construção de Desafios diferentes em Aulas diferentes.

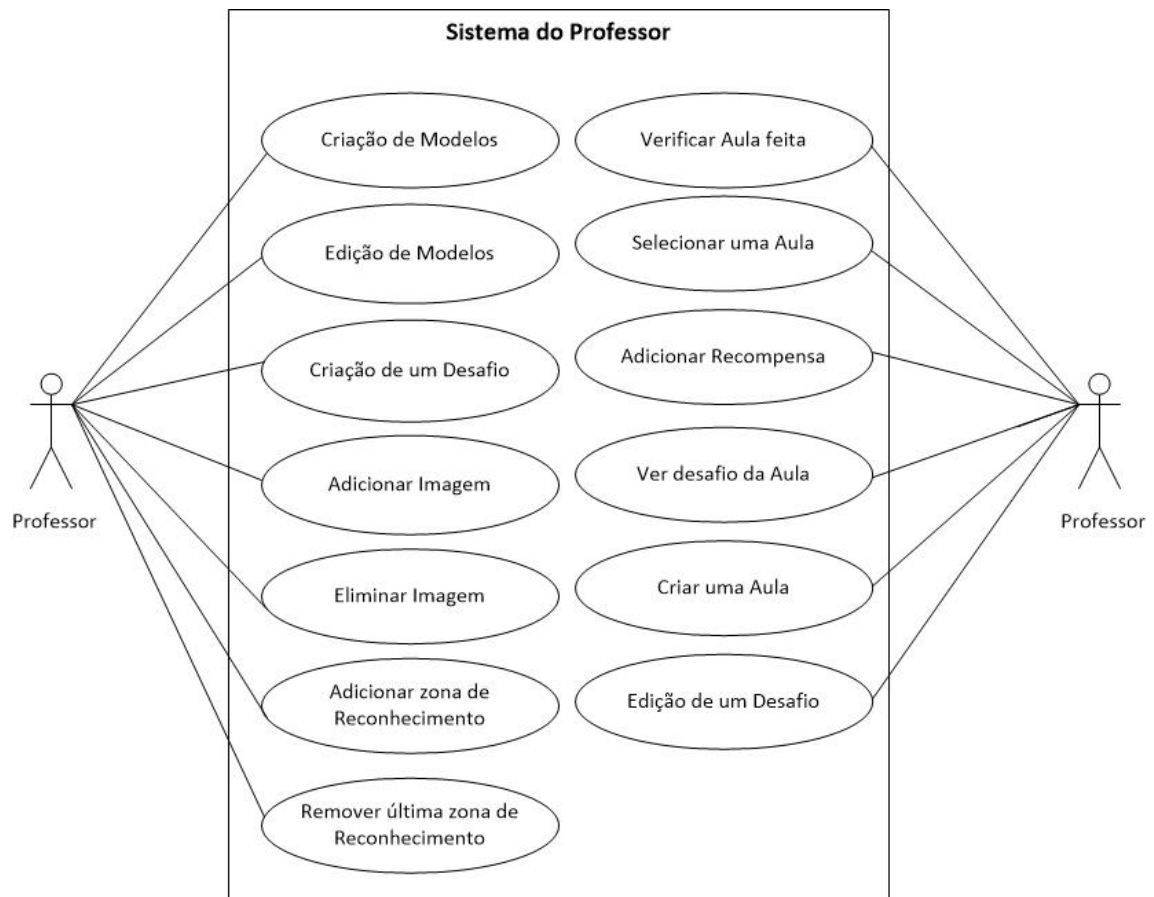


Figura 12: Diagrama de Casos de Uso do Professor

Com base na figura anterior vão ser apresentados alguns casos de uso que demonstrem a utilização de cada interface realizada para a ferramenta do aluno.

5.1.1. Interface de criação/edição de Modelos

A interface dos Modelos visa a criação e edição dos mesmos a fim de serem utilizados nos Desafios. Aqui o utilizador pode escolher quais os tipos de modelos que quer editar e, caso seja Trabalho Autónomo (PIT), criar. Deste modo foram efectuados os seguintes casos de uso para a criação e edição de Modelos:

Caso de Uso:	Criação de Modelos
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Facilidade para criar modelos para colocar nos desafios do aluno
Pré-Condições:	N/A
Pós-Condições:	É gerado um ficheiro XML com todos os dados (Nome, tipo e Pontos) relativos ao modelo criado pelo professor.
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">1. O professor clica na opção “Modelos” do menu principal.2. O professor clica na <i>combobox</i> dos modelos e selecciona a opção “Trabalho Autónomo (PIT)”.3. O professor clica no botão “Lápis” e desenha um modelo.4. O professor guarda o modelo.

Tabela 4: Caso de Uso Criação de Modelos

Caso de Uso:	Edição de Modelos
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Facilidade para editar os modelos existentes a colocar nos desafios do aluno
Pré-Condições:	Existir o modelo que o Professor precisa de alterar.
Pós-Condições:	É gerado um ficheiro XML com todos os dados (Nome, tipo e Pontos) relativos ao modelo editado pelo professor.
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">1. O professor clica na opção modelos do menu principal.2. O Professor clica na <i>combobox</i> dos modelos para seleccionar o tipo de modelos a editar.3. O professor clica no botão do modelo que pretende.

	<p>4. O professor clica no botão “Limpar Tela” e seguidamente no “Lápis” e desenha um modelo.</p> <p>5. O professor guarda o modelo.</p>
Cenários Alternativos/ Extensões:	2.a Se o professor clica na opção “Trabalho autónomo (PIT)” para escolher um modelo terá que o fazer após clicar numa <i>combobox</i> de apoio.

Tabela 5: Caso de Uso Edição de Modelos

É necessário referir que caso o professor apenas edite um Modelo referente a um carácter alfanumérico ou um símbolo, este não necessita de inserir o nome do Modelo da caixa de texto referida. Este desafio é guardado na pasta “input” criada previamente, para que o professor o possa utilizar posteriormente na criação de um Desafio.

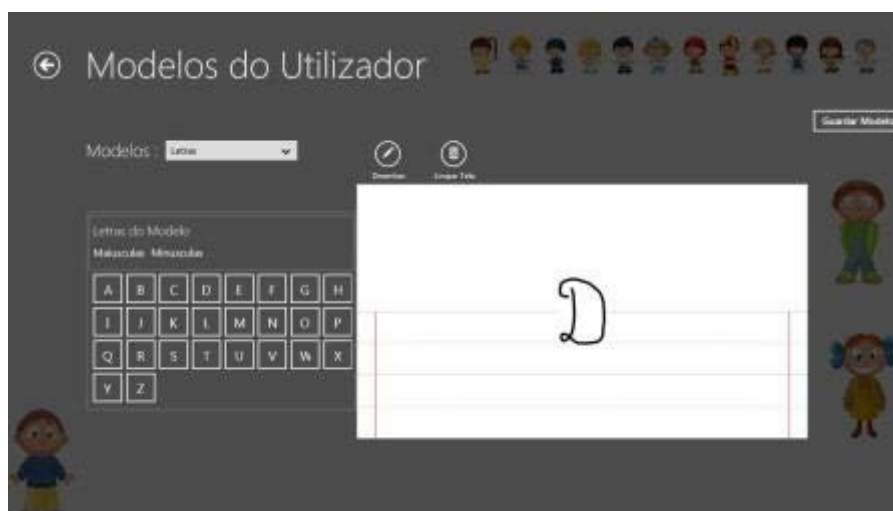


Figura 13: Interface dos Modelos da ferramenta do Professor

Relativamente à disposição de todo o cenário da interface, temos que:

- Sendo que maioritariamente as pessoas são destros, a tela encontra-se do lado direito para que não existam opções que o utilizador possa seleccionar quando está a editar um modelo.
- Visto que esta interface é relativa a todos os modelos, e estes quando clicados serão renderizados na tela, é necessário que estejam perto da tela. Deste modo, todos os botões relativos aos modelos encontram-se logo do lado esquerdo da tela.

- Por sua vez, e para de modo a todo o contexto seja mantido, a escolha dos modelos é feita por cima dos botões representativos dos modelos.
- Como os botões do Lápis e Limpar Tela fazem parte das opções tomadas na tela, é fundamental que estejam perto dela, e por isso foram colocados em cima desta.
- O botão Guardar Modelo encontra-se no lado direito numa posição superior à tela, com o intuito de estar separado de todas as opções que são relativas à edição e criação de modelos.

Este visual é seguido para muitas aplicações criadas pela Microsoft e tem um aspecto limpo, agradável e profissional para qualquer utilizador.

5.1.2. Interface de criação de Desafios

A interface Desafio visa a criação e edição de Desafios idealizados pelo professor e podem ser caracterizados através de várias configurações: O **Tipo de Desafio**; o **Tipo de Avaliação** que indica qual o tipo de avaliação definido pelo Professor para um determinado Desafio. Este pode variar entre as opções: Avaliar Escrita do Aluno, para este trabalhar a coordenação motora ou aprender a escrever letras e números, Avaliar Resultado, que fazem o reconhecimento do que é escrito pelo Aluno numa determinada caixa indicada pelo professor e que serve exclusivamente para reconhecer o que o Aluno escreveu, e Avaliar Ambos, que faz ambos os tipos de avaliação; O **Tipo de Contorno** permite controlar nível de suporte visual que o aluno terá na execução do exercício e tem as seguintes opções: Linha contínua, tracejado e ponto a ponto; **Permitir ajuda**; **Exercícios a Pares**; **Pontuação mínima**; **Adição e Eliminar Modelos**; **Opções de reconhecimento** e de **imagens**; **Editar** e **Guardar Desafio**. Posteriormente são fornecidos os Casos de uso de criação e edição de um Desafio para exemplificar o uso desta interface:

Caso de Uso:	Criação de um Desafio
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Facilidade para criar desafios para o aluno.
Pré-Condições:	Existir modelos e imagens para a criação de desafios.
Pós-Condições:	É gerado um ficheiro XML com todos os dados (Desafio: Nome, Tipo, Numero de Crianças, Pontuação Mínima, Tipo de Reconhecimento: Acompanhamento: Box de Localização e Tipo de Visualização, Reconhecimento: Resultado e Box de Localização, Imagens: Nome e Localização, Imagens de Ajuda: Localização, Modelos: Nome, Localização e Repetições) relativos ao desafio criado pelo professor.
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">6. O professor clica na opção “Desafios” do menu principal.7. O professor selecciona todas as opções relativamente à configuração do desafio a criar.8. O professor selecciona a opção adicionar modelos e escolhe o modelo que quer.9. O professor arrasta o modelo na tela para a localização que deseja.

	<p>10. O professor insere o nome pretendido para o Desafio.</p> <p>11. O professor guarda o desafio.</p>
<p>Cenários Alternativos/ Extensões:</p>	<p>2a. Face ao tipo de desafio escolhido, a aplicação mostra uma tela diferente.</p> <p>3a. Se o professor quiser apagar algum modelo, selecciona a opção “Eliminar Modelo”.</p> <p>Cenário Alternativo: Adicionar Imagens</p> <p>1. O professor selecciona “Opções de Imagem”. A aplicação retorna um <i>popup</i> com a opção “Adicionar imagem” e “Remover Imagem”.</p> <p>2. O professor selecciona a opção “Adicionar Imagem” e escolhe a imagem.</p> <p>3. O professor selecciona a imagem e arrasta-a para um local à escolha.</p> <p>Cenário Alternativo: Remover Imagem</p> <p>1. O professor selecciona a imagem que quer remover.</p> <p>2. O professor selecciona “Opções de Imagem”.</p> <p>3. A aplicação retorna um <i>popup</i> com a opção “Adicionar imagem” e “Remover Imagem”.</p> <p>4. O professor selecciona a opção “Remover Imagem”.</p> <p>Extensões: Se o Tipo de Desafio for Matemática, é possível adicionar imagens de ajuda. Estas funcionam do mesmo modo que os cenários alternativos “Adicionar Imagens” e “Remover Imagens”.</p> <p>Cenário Alternativo: Adicionar zona de reconhecimento</p> <p>1. O professor selecciona “Opções de Reconhecimento”. A aplicação retorna um <i>popup</i> com a opção “Selecionar Reconhecimento” e “Eliminar Último”.</p> <p>2. O professor clica na tela e arrasta a zona de selecção até onde desejar.</p> <p>Extensão:</p> <p>1a. Se o Tipo de Avaliação for “Avaliar Resultado” aparece adicionalmente um campo para adicionar o resultado a ser</p>

	<p>reconhecido na zona de reconhecimento.</p> <p>Cenário Alternativo: Remover a última zona de reconhecimento inserida</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O professor selecciona “Opções de Reconhecimento”. A aplicação retorna um <i>popup</i> com a opção “Selecionar Reconhecimento” e “Eliminar Último”. 2. O professor selecciona a opção “Eliminar Último”.
--	--

Tabela 6: Caso de Uso Criação de um Desafio

Caso de Uso:	Edição de Modelos
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	<p>Professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilidade para editar os modelos existentes a colocar nos desafios do aluno
Pré-Condições:	Existir o modelo que o Professor precisa de alterar.
Pós-Condições:	É gerado um ficheiro XML com todos os dados (Nome, tipo e Pontos) relativos ao modelo editado pelo professor.
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none"> 6. O professor clica na opção modelos do menu principal. 7. O Professor clica na <i>combobox</i> dos modelos para seleccionar o tipo de modelos a editar. 8. O professor clica no botão do modelo que pretende. 9. O professor clica no botão “Limpar Tela” e seguidamente no “Lápis” e desenha um modelo. 10. O professor guarda o modelo.
Cenários Alternativos/ Extensões:	2.a Se o professor clica na opção “Trabalho autónomo (PIT)” para escolher um modelo terá que o fazer após clicar numa <i>combobox</i> de apoio.

Tabela 7: Caso de Uso Edição de Modelos

É necessário referir que caso o professor decida escrever na Tela nesta interface em detrimento de usar modelos, todo o conteúdo é guardado como um modelo *background* do desafio e é guardado na pasta “input” criada previamente. O utilizador só terá acesso a este modelo através da edição deste desafio. Todos os desafios criados por este são guardados com

o nome anteriormente inserido na interface, e são guardadas na pasta “output/Desafios” criada previamente. Esta, por outro lado, pode ser acedida novamente nesta interface, na interface de criação de aulas e na interface do Aluno para proceder à sua execução.



Figura 14: Interface do Desafio da ferramenta do Professor

Relativamente à disposição de todo o cenário da interface, temos que:

- Mais uma vez, sendo que maioritariamente as pessoas são destras, a tela encontra-se do lado direito para que não existam opções que o utilizador possa seleccionar quando está a criar um desafio.
- Visto que esta interface é relativa aos Desafios, e quando algumas das opções do desafio implicam mudanças na tela, é necessário que estas opções estejam perto da tela. Deste modo, todos os botões relativos às opções do desafio encontram-se logo do lado esquerdo da tela.
- Para que todo o contexto seja mantido, e todas as interfaces sejam idênticas e tenham as opções relativas à interface do lado esquerdo, foram criados popups com o intuito de auxiliar toda esta interface quando não existe espaço. Assim ao clicar em Adicionar Modelo, o menu com os modelos existentes na primeira interface será aberto num *popup* com o intuito adicionar um modelo que o utilizador pretenda inserir. O mesmo se aplica para as opções de reconhecimento e para as opções de imagens, no entanto os menus que aparecem são diferentes.
- Como os botões do Lápis e Limpar Tela fazem parte das opções de *background* tomadas na tela, é fundamental que estejam perto dela, e por isso foram colocados em cima desta.

- Novamente, todas as opções relativas ao Desafio em si como criar um novo desafio, editar um desafio, inserir o nome ao desafio e o botão Guardar Desafio encontram-se no lado direito numa posição superior à tela, com o intuito de estar separado de todas as opções que são relativas às opções do desafio.

5.1.3. Interface de criação de uma Aula

A interface específica para a criação de uma Aula pode ser acedida através da opção Preparar Aula da Página inicial da ferramenta do Professor. Nesta interface o professor pode configurar uma Aula consoante as opções **Adicionar e Remover Desafio**, **Adicionar/Alterar e Remover Recompensas**, **Selecionar Aula** que permite ao professor abrir uma aula já anteriormente feita, **Limpar** e **Guardar Aula**, e um **Quadro de Visualização de opções gerais de um Desafio** que disponibiliza as opções gerais de um determinado desafio.

Seguidamente é fornecido um caso de uso que exemplifica a criação de uma aula:

Caso de Uso:	Criar uma aula
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Possibilidade de criar uma aula e adicionar desafios. Aluno: - Após realizar todos os exercícios agrupados na recompensa em questão, o sistema retorna uma recompensa ao aluno.
Pré-Condições:	Existir um desafio já anteriormente criado pelo professor.
Pós-Condições:	É gerado um ficheiro XML correspondente à aula com todos os dados (nome e desafios: nome e recompensa).
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">1. O professor clica na opção aula do menu principal.2. O professor pressiona o botão “Adicionar Desafio”.3. O professor vai à pasta desafios e selecciona o desafio que pretende adicionar e clica OK. O sistema cria um mini painel onde mostra o desafio adicionado.4. O professor insere o nome da aula no campo para inserir as aulas.5. O professor pressiona a opção “Gravar Aula”.
Cenários Alternativos/ Extensões:	Cenário Alternativo: Ver Desafio da Aula <ol style="list-style-type: none">1. O professor pressiona num dos desafios anteriormente adicionados no mini painel. O sistema retorna o desafio correspondente na tela. Cenário Alternativo: Adicionar recompensa a um desafio da Aula

	<ol style="list-style-type: none"> 1. O professor pressiona num dos desafios anteriormente adicionados no painel. O sistema retorna o desafio correspondente na tela. 2. No painel “Opções de Recompensa”, o professor clica na opção “Adicionar/ Alterar”. 3. O professor escolhe uma imagem do seu computador ou vai à pasta recompensas, selecciona a imagem que pretende adicionar e clica OK. O sistema adiciona uma recompensa a todos os exercícios que estão antes do que foi seleccionado em 1 e que não têm recompensas atribuídas.
--	--

Tabela 8: Caso de Uso Criar uma aula

A caixa de texto posicionada antes do botão Guardar Aula tem o intuito de indicar um nome à Aula. Todas estas aulas são guardadas na pasta “output/Aulas” criada previamente, e podem ser acedidas novamente nesta interface e na interface do Aluno para proceder à sua execução.



Figura 15: Interface para a criação de uma Aula na ferramenta do Professor

Mais uma vez, relativamente à disposição de todo o cenário desta interface, temos que:

- Para que todo o contexto seja mantido relativamente às interfaces anteriores, e assim todas as interfaces sejam idênticas na óptica do utilizador, a tela vai estar disposta do lado direito e as opções relativas à interface do lado esquerdo.

- Assim do lado esquerdo, cada vez que é inserido um Desafio ou é seleccionada uma Aula, são criados vários painéis que correspondem a uma mini-visualização do(s) desafio(s) adicionado(s). O painel principal é uma *scrollbox*, pois se forem criados mais desafios do que o utilizador consiga ver num painel normal, existe uma barra de scroll que lhe dará sempre essa opção. Seguidamente por baixo desta, e de modo a que mais uma vez não exista perda de contexto, estão dispostas as opções dos Desafios e as Opções de Recompensa.
- Sempre que se clicar num desafio e este for renderizado na tela, vai ser também apresentado um quadro com informações relativas aos desafios. Este quadro encontra-se do lado direito da tela e apenas serve para opções de leitura de dados.
- Novamente, todas as opções relativas ao Desafio em si como Seleccionar ou Limpar uma Aula, inserir o nome desta e o botão Gravar aula encontram-se no lado direito numa posição superior à tela, com o intuito de estar separado de todas as opções que são relativas às opções da aula.

5.1.4. Interface para Ver Aulas Executadas

Para finalizar este ciclo de ensino e aprendizagem e, tal como mostra a figura, a última interface da ferramenta do Professor apresentada: Correção de Desafios tem o intuito de ser utilizada pelo professor para verificar as animações das execuções de cada Desafio realizado por um aluno. Esta característica tem grande potencial no auxílio ao professor na identificação de padrões e comportamentos incorrectos demonstrados pela criança e na validação das capacidades apreendidas pela mesma. Esta interface é apenas auxiliada pelas seguintes opções de **Seleccionar Aula** e pelo **Quadro de Visualização de opções gerais de um Desafio resolvido**, que disponibiliza as opções gerais de um determinado desafio resolvido. Seguidamente é disponibilizado um quadro com um caso de uso de como o utilizador pode seleccionar uma aula resolvida.

Caso de Uso:	Verificar uma aula executada pelo aluno.
Actor Principal:	Professor
Stakeholders:	Professor: - Possibilidade de ver a resolução da Aula pelo Aluno.
Pré-Condições:	O Aluno ter resolvido os desafios anteriormente criados pelo Professor.
Pós-Condições:	N/A
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">1. O professor clica na opção aula do menu principal.2. O professor pressiona no botão Visualizar desafios da aula.3. O professor vai à pasta Aulas Resolvidas e selecciona a aula que pretende visualizar e clica OK. O sistema cria um mini painel para todos os desafios resolvidos existentes no ficheiro XML da Aula.4. O professor clica no desafio que quer visualizar.

Tabela 9: Caso de Uso Verificar uma Aula executada pelo Aluno

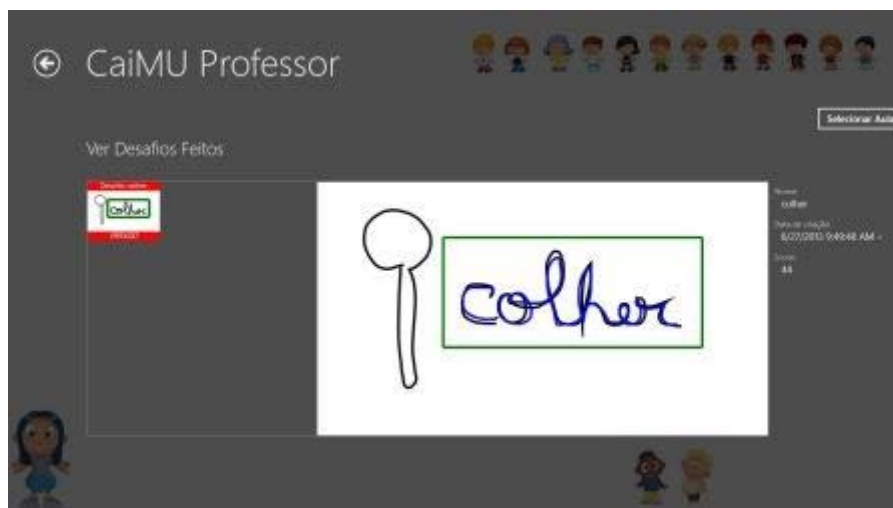


Figura 16: Interface da ferramenta do Professor para visualização de desafio realizados

Na disposição de todo o cenário desta interface é possível verificar que todo o contexto de utilização e visualização é mantido relativamente às interfaces anteriores, e deste modo a tela vai estar disposta do lado direito e as opções relativas à interface do lado esquerdo. Assim do lado esquerdo, cada vez que é seleccionada uma Aula, são criados vários mini-paineis que correspondem a uma mini-visualização do(s) desafio(s) adicionado(s). O painel principal onde estes se inserem é uma *scrollbox*, pois, tal como na interface anterior, se forem criados mais desafios do que o utilizador consiga ver num painel normal, existe uma barra de scroll que lhe dará sempre essa opção. Sempre que se clicar num desafio disposto na *scrollbox*, é renderizado na tela o desafio criado pelo professor, e, seguidamente, e com outra cor, é renderizada a execução efectuada pelo aluno. Por fim, é apresentado um quadro com informações relativas ao desafio que apenas usa opções de leitura.

A opção relativa à Aula, Seleccionar Aula, encontra-se, mais uma vez, no lado direito numa posição superior à tela, com o intuito de separar esta opção das restantes.

5.2. Análise da interface da Ferramenta do Aluno

Por outro lado, a ferramenta do Aluno visa a execução de toda a Aula criada pelo professor.

Para que o aluno se sinta com vontade de usar a aplicação que tem em mãos, esta foi construída para ser bastante simples, apelativa e automática, onde o aluno não necessita de realizar muito esforço para tentar perceber a aplicação. Esta interface tem opção de começar a executar o desafio, de o reiniciar e de pedir ajuda: este só pode ser utilizador em desafios cujo tipo de avaliação seja Avaliar Escrita do Aluno ou Avaliar mutuamente a Escrita e Resultado do aluno, e caso o professor a disponibilize.

São disponibilizados dois casos de uso que exemplificam como o utilizador necessita de fazer para abrir uma Aula ou/e Executar um Desafio.

Caso de Uso:	Abrir Aula
Actor Principal:	Aluno
Stakeholders:	Aluno: - Abrir aula criada pelo professor
Pré-Condições:	Existir pelo menos uma aula com desafios criados.
Pós-Condições:	N/A
Cenário Principal:	<ol style="list-style-type: none">1. O aluno pressiona na tecla direita do rato. O sistema devolve uma <i>AppBar</i>.2. O aluno pressiona no botão “Carregar Aula”.3. O Aluno escolhe a aula pedida pelo professor e pressiona OK. O sistema preenche a barra de imagens com imagens relativas às recompensas.

Tabela 10: Caso de Uso Abrir Aula

Caso de Uso:	Executar Desafio
Actor Principal:	Aluno
Stakeholders:	Aluno: - Possibilidade de ver a resolução da aula pelo aluno.
Pré-Condições:	O aluno já ter executado o caso de uso anterior.
Pós-Condições:	N/A

<p>Cenário Principal:</p>	<p>6. O aluno pressiona numa das imagens que a aplicação fornece. O sistema devolve o exercício na tela para o aluno resolver.</p> <p>7. O aluno resolve o desafio. O sistema vai indicando se o aluno está a fazer o desafio correctamente.</p> <p>8. O aluno clica na barra de progresso. O sistema devolve a pontuação realizada.</p> <p>Se todos os desafios correspondentes à imagem estiverem feitos com uma pontuação superior ao correspondente no ficheiro XML, o sistema retorna uma recompensa para o aluno.</p>
----------------------------------	---

Tabela 11: Caso de Uso Executar Desafio

Todo o conteúdo executado pelo Aluno é guardado com nome do Desafio em questão mais a sigla “_RESOLVIDO” e é estruturado hierarquicamente para um ficheiro XML. Este ficheiro é guardado na pasta “output/Desafios Resolvidos” criada previamente e podem ser acedidos através da interface do professor de visualização dos desafios executados. De referir também que sempre que um desafio resolvido é guardado, será criado um ficheiro com o nome da aula mais a sigla “_RESOLVIDO” com a indicação hierárquica de todos os desafios que foram resolvidos de uma determinada aula.

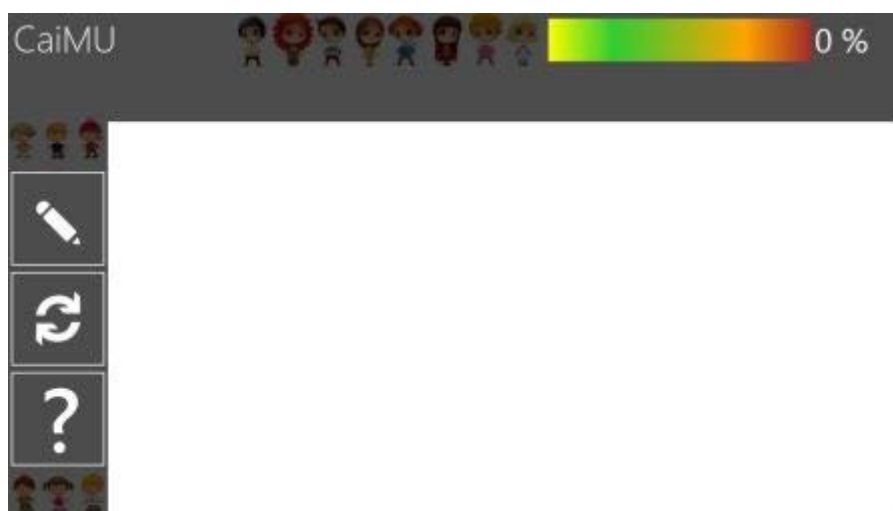


Figura 17: Protótipo da ferramenta do Aluno

Para autonomizar a ferramenta do Aluno, e para que o professor não necessite de estar sempre a controlar os desafios executados por este, são executados ambos os algoritmos descritos no capítulo anterior para auxiliar o aluno em desafios cujo tipo de avaliação é Avaliar Escrita do Aluno ou Avaliar Escrita do Aluno e Resultado. Assim, e após a explicação das instruções por parte do professor, enquanto o Aluno está a desenhar os caracteres ou grafemas do desafio é efectuado automaticamente o algoritmo de Cálculo do ponto do Modelo mais próximo que, tal como o nome indica, tem o objectivo de verificar durante a resolução do desafio qual o ponto que o aluno deve desenhar a seguir.

5.3. Sumário

Este sistema fornece duas Interfaces CaiMU: uma para o Professor e outra para o Aluno.

A ferramenta do Professor fornece várias interfaces para serem por este executadas:

- Construção e edição de Modelos para serem adicionados aos desafios projectados para os alunos;
- Criação e edição de Desafios concebidos pelo professor e que podem ser caracterizados através de várias configurações;
- Criação de Aulas onde é possível adicionar e remover desafios, e ainda adicionar recompensas para os mesmos;
- Visualizar uma animação com todo o conteúdo que o aluno executou na sua ferramenta.

A ferramenta do Aluno, tem como principal objetivo apresentar ao aluno todos os desafios que o professor preparou, permitindo que este os resolva.

Capítulo 6

Avaliação e Resultados

Após a construção da plataforma descrita no capítulo anterior, foi possível a efectuar um conjunto de testes para avaliar toda a aplicação, validar as opções de desenho e usabilidade da interface das duas ferramentas desenvolvidas com o intuito de melhorar e tentar perceber possíveis características a desenvolver.

As avaliações efectuadas consistiram em entrevistas informais e testes de usabilidade com a professora primária Rosa Sobrado, actualmente a leccionar na Escola Básica EB 1 Padre Himalaia na Damaia, e com os seus alunos. Foram efectuadas avaliações em dias diferentes, sendo que no primeiro dia especificamente apenas foi realizada uma entrevista com a professora.

Durante todo o processo das entrevistas e dos testes de usabilidade não foram efectuadas gravações de vídeo ou voz. O equipamento de suporte para realizar todas as actividades executadas durante este processo foi um Tablet PC Samsung XE700T1A com ecrã táctil de 11.6 LED Full HD e a resolução de 1280 por 768.

Nas próximas subsecções vão ser descritas as entrevistas e testes de usabilidade realizados e serão apresentados resultados da aplicação de métricas quantitativas de toda esta avaliação, onde posteriormente será feita uma discussão dos resultados obtidos.

6.1. Entrevista inicial com a Professora

A entrevista inicial com a Professora Rosa Sobrado baseou-se numa entrevista informal com o intuito de avaliar ambos os Protótipos em que esta participou e contribui com uma análise crítica à ferramenta.

Todo o planeamento realizado foi realizado com o intuito de seguir uma Storyboard criada através da utilização dos casos de uso efectuados no Capítulo 3. Deste modo, a avaliação iniciou-se pela ferramenta do professor, passando pela ferramenta do aluno para executar os desafios criados e, posteriormente retornou-se ao protótipo do aluno para verificar os desafios

executados. As avaliações relativas a ambos os protótipos foram aprofundadas e baseadas através de opiniões transmitidas pela Professora durante a entrevista.

Esta entrevista foi iniciada com uma introdução sobre o conceito base da plataforma, onde foram expostos e explicados alguns conceitos e a forma como estes se relacionam, seguindo-se de uma demonstração das suas funcionalidades e o modo de funcionamento, onde foi descrita toda a plataforma.

6.1.1. Avaliação do Protótipo do Professor

A avaliação do Protótipo do Professor iniciou-se a execução da edição de um modelo, onde foi substituída uma letra para a professora conseguir perceber o modo de funcionamento dos modelos. Através da expressão facial e dos comentários realizados por esta, verificou-se algum contentamento e gosto pela aplicação.

Seguidamente foram simulados alguns desafios para a professora conseguir entender como se processa a aglomeração de modelos com o objectivo de realizar frases. Após isto, e com o intuito de perceber quais as opções existentes na criação de modelos, foram exploradas todas as opções da interface dos desafios e, por fim, foram criados alguns desafios com o intuito de criar uma Aula e ver como esta se processa. Em toda a esta execução a professora demonstrou um feedback bastante positivo elogiando toda esta plataforma e as suas vantagens. Também indicou alguns pontos menos positivos que irão ser enumerados mais à frente.

Finalmente, e após a simulação da execução da ferramenta do Aluno para resolver os desafios criados que irão ser descritos na próxima subsecção, seguiu-se a verificação da Aula executada com o objectivo de a professora perceber como se iria verificar e avaliar tudo o que o Aluno fez. A professora mostrou-se bastante agradada por ver a execução do Aluno visto que é importante para criar futuros desafios com conteúdo mais avançado ou mais difícil.

Desta forma foi feita uma avaliação à ferramenta do Professor com o objectivo de detectar os aspectos positivos, negativos e aspectos a melhorar num futuro próximo. Os aspectos positivos enumerados da ferramenta demonstrada são:

- Flexibilidade na criação/edição de modelos e exercícios: O professor pode criar ou editar modelos e desafios e adicionar conteúdo sempre que necessitar, não estando

preso aos modelos e desafios criados. Daí através dos desafios criados pode surgir a oportunidade de aumentar ou diminuir a dificuldade.

- Atribuição de Recompensas ao Aluno no caso de ele realizar todos os desafios com sucesso: O Aluno ganha uma motivação extra para executar os próximos desafios.
- Portabilidade da ferramenta: Caso a professora não esteja disponível para auxiliar um Aluno durante o período da Aula, a professora pode levar a resolução da sua Aula para trabalhar em casa e prestar o devido apoio no dia seguinte.
- Professores em contacto com a Tecnologia: muitas vezes os professores estão presos aos métodos de ensino antigos e isso faz com que haja uma estagnação. É necessário saber evoluir os métodos de trabalho e para isso a Tecnologia é fundamental.

Por outro lado existem aspectos menos bons e que alguns deles estão associados às desvantagens de utilizar um Tablet PC na sala de aula:

- Adquirir um Tablet PC é um investimento inicial bastante caro e, face aos problemas económicos apresentados actualmente, muitas crianças e professores não têm disponibilidade económica para o fazer.
- O Tablet PC não permite assentar a mão para escrever como se fosse com um papel e uma caneta. Deste modo, não só o Professor como também o Aluno poderão ter algumas dificuldades na escrita de Modelos ou Desafios.

Como aspectos a melhorar na ferramenta do Professor foram apontados:

- Possibilidade de gravação de voz de um Professor para explicar e incentivar a execução de um desafio ao Aluno.
- Criar exercícios sem tipo de avaliação apenas para eles desenharem livremente e, desta forma, conseguirem desenvolver uma melhor ambientação à ferramenta.
- Adicionar a possibilidade de colocar vídeos na recompensa.
- Possibilidade de definir tamanho do ponto a desenhar nos modelos
- Possibilidade de registar todas as Bounding Boxes e remover apenas a escolhida, em vez de apenas se poder remover a última.
- Possibilidade de os botões das opções ficarem seleccionados até o utilizador executar o que pretende fazer na tela.

6.1.2. Avaliação do Protótipo do Aluno

Relativamente à avaliação do Protótipo do Aluno, e tal como foi descrito inicialmente, após a interacção da Professora com a sua ferramenta, foram executados os vários exercícios desenvolvidos no protótipo do aluno para depois se retornar novamente à ferramenta inicial e executar a correcção destes.

Assim e antes de estes serem executados, a ferramenta foi devidamente explicada à professora que se mostrou bastante satisfeita com a disposição da interface, as suas opções e a sua simplicidade. Após a execução, e tal como na ferramenta anterior, foram tiradas algumas elações positivas, negativas e aspectos a melhorar.

Os aspectos positivos enumerados pela Professora foram:

- Atribuição de Margens laterais bastante semelhantes aos cadernos utilizados na sala de aula: Por ser bastante importante que exista uma semelhança entre o caderno e a ferramenta. Mais especificamente, na medida em que é necessário que os Alunos mais novos e com mais dificuldades consigam perceber que as letras minúsculas e maiúsculas têm tamanhos diferentes e que através das linhas se consigam orientar para escrever sempre no plano horizontal.
- Portabilidade da ferramenta: Visto o Tablet PC ser um dispositivo portátil, é possível utilizar a ferramenta fora da sala de aula e, por sua vez, enviar trabalhos para casa para o aluno resolver é uma realidade.
- Crianças em contacto com a tecnologia: Cada vez mais a tecnologia está presente na vida das crianças, levando-as a aprender mais rapidamente conceitos que muitos adultos não conseguem aprender.
- Desenvolvimento do controlo motor: visto que esta ferramenta permite consiste em aprender conceitos inerentes à escrita, a criança ao executar os desafios vai desenvolver mais competências motoras com a mão.
- Permite autonomia ao aluno: quando este começa a executar todos os desafios, pode obter tanto um exemplo da realização do desafio como uma classificação final. Isto permite a que o professor não necessite de estar presente para o aluno ser avaliado, libertando-lhe tempo para crianças com mais dificuldades.

Por outro lado, os aspectos menos bons apontados foram os mesmo que foram atribuídos à ferramenta do Professor.

Por fim as melhorias realizadas foram:

- Criação de uma área pessoal para o Aluno, onde ele pudesse criar um perfil, tivesse todas as Aulas realizadas e existisse a possibilidade de também ele as visualizar.
- Tal como na ferramenta do professor, possibilidade de gravação de voz de um Professor para explicar e incentivar a execução de um desafio ao Aluno.
- Mais especificamente, em certos desafios é necessário que a tela seja toda ela preenchida de linhas ou quadrados para que os alunos mais novos possam ter a noção de espaço, tal como referido anteriormente. Devia existir uma opção que permitisse este requisito.
- Quando um grupo de desafio com uma recompensa já foi executado com sucesso, se for novamente clicado, aparece novamente a recompensa.
- As cores da barra de progresso devem funcionar do seguinte modo: caso a pontuação seja superior à pontuação mínima, a barra aparece a verde; caso a pontuação seja superior a 50% mas inferior à pontuação mínima, a barra aparece a amarelo permitindo ao Aluno perceber que errou o desafio mas está perto de o finalizar com sucesso; caso a pontuação seja inferior a 50%, a barra aparece a vermelho.
- Colocar a palavra NOTA por trás da barra de progresso para indicar ao utilizador que é ali que ele vai ser avaliado.

6.2. Avaliação com os Alunos

Com base nas melhorias indicadas pela Professora foram efectuadas algumas alterações na ferramenta do Aluno com o intuito se sentirem mais integrados na realização dos Desafios.

A avaliação com os Alunos foi conduzida na sala de professores, num ambiente sem ninguém exterior para não existirem distrações. Os alunos sentiam-se confortáveis e estavam bastante expectantes sobre o que se iria suceder.

Foram preparadas três aulas em que cada uma continha dois desafios para quatro recompensas, fazendo um total de oito desafios por aula, sendo que estes desafios eram de trabalho autónomo, matemática e língua portuguesa. Uma das aulas tinha recompensas cujas imagens eram de desenhos que ambos os sexos, feminino e masculinos, gostavam. A segunda aula, por outro lado, apenas tinha recompensas para desenhos que os alunos do sexo feminino gostam. Já a terceira aula, era semelhante à segunda, no entanto as suas recompensas apenas

abrangiam desenhos que sexo masculino gosta. No total das duas aulas preparadas, o tipo de desafio predominante era a língua portuguesa com nove desafios, seguido da matemática com cinco desafios e por fim o trabalho autónomo com apenas um desafio.

Estas aulas foram executadas por seis alunos, todos eles com sete anos de idade. Cada sessão que incluía dois alunos, onde cada um apenas executou duas aulas, teve aproximadamente uma hora de duração. Em todas estas sessões nenhum dos alunos tinha experimentado o uso de um Tablet PC, deste modo e com o intuito de se ambientarem ao dispositivo, foi-lhes explicado por diversas vezes o modo de funcionamento do dispositivo através de uma aplicação conhecida por eles: Paint. Posteriormente, e antes de se iniciarem os testes, foi-lhes explicado como o protótipo funcionava, denotando-se alguma impaciência para começar a testar a ferramenta. Estas instruções foram também fornecidas às crianças durante os desafios e sempre que existia necessidade. As instruções dadas para a utilização da ferramenta foram:

1. Pressionar no botão da imagem do desafio pretendido;
2. Caso o desafio seja de Língua Portuguesa, e caso o aluno necessite, clicar no botão de ajuda para observar a reprodução do gesto a executar;
3. Aguardar que a reprodução do gesto termine;
4. Executar o gesto seguindo sempre o seu desenho ou, no caso do tipo de desafio ser de Matemática, desenhar o carácter em falta;
5. Quando finalizar a sua execução, pressionar na barra de progresso colorida para obter uma avaliação;
6. Caso a recompensa ainda não tenha sido retornada, pressionar no botão da imagem para obter o próximo desafio ou melhorar o que está em execução a fim de obter a desejada recompensa.

Por fim, foram levantadas algumas limitações verificadas através do uso dos Tablet PC:

- Todos os alunos demonstraram algumas dificuldades na ambientação ao dispositivo, indicando que era mais simples o uso do Rato porque já o tinham utilizado por diversas vezes.
- O uso de uma caneta específica para Tablet PCs, cuja ponta de borracha se assemelha a um lápis, poderia eventualmente facilitar o seu uso. No entanto, e como a ponta deste era bastante grossa, levava-os a nem sempre perceber onde a ponta se encontrava na Tela.

- Quando o aluno inicia a sua aprendizagem à escrita, os objectos utilizados por este são um papel e uma caneta, onde este apoia a mão no papel e desenha o grafema em questão. Neste tipo de dispositivos, isto não é possível fazer visto que quando a mão é apoiada neste, são desenhados diversos pontos no sítio onde este a apoiou, originando pontos que não são expectáveis pelo algoritmo de cálculo do ponto mais próximo.
- Todos os modelos desenhados na ferramenta do Professor, e que posteriormente irão ser utilizados na ferramenta do Aluno, devem ser feitos pelo mesmo. Isto porque os métodos de ensino de cada professor são diferentes. E.g. Existem várias opções para iniciar o desenho da letra “d” minúscula: inicia-se por cima fazendo uma linha vertical descendente, onde seguidamente é desenhado um círculo do lado esquerdo, e por fim um quarto de círculo do lado direito desta linha. Outra opção possível é iniciar a letra realizando um círculo seguindo-se de uma linha vertical ascendente e por fim, no início desta linha termina-se com um quarto de círculo do lado direito.
- Quando são apresentadas dificuldades na realização dos grafemas, muitos destes alunos assumiam que tinham que pintar por diversas vezes no mesmo sítio do contorno das letras e, como expectável, todo o contorno pintado surgia a vermelho.
- Cada vez que o aluno levanta a caneta do ecrã, é também eficaz ter a indicação de onde este necessita de recomeçar a escrever, orientando-o no desenho do modelo ou em qual o modelo a ser desenhado no desafio. E.g. Um dos alunos, nos exercícios de repetição do modelo “A”, começou correctamente o desenho do modelo. No entanto quando se seguiu para o próximo modelo, e com o intuito de o começar mais facilmente, não o fez pela ordem correcta.

Durante os testes, os alunos encararam a ferramenta como um jogo apresentando uma postura bastante descontraída e uma motivação bastante grande para executar tudo o que era pedido. Cada vez que solucionavam um conjunto de desafios e desbloqueavam uma recompensa, era transmitido uma sensação de motivação bastante importante para a continuação do resto dos desafios, tratando inclusive as recompensas por autocolantes. Muitos deles quiseram repetir aulas para executar desafios específicos por iniciativa própria mesmo quando já os tinham realizado com uma boa pontuação, mostrando uma grande disponibilidade para tal.

Através dos resultados obtidos por ambas as aulas foram realizados uma análise e um processamento de dados a fim de obter as seguintes métricas:

- Pontuação final obtida pelo algoritmo de avaliação dos gestos executados relativamente ao modelo criado pelo professor para os desafios com executados com uma prestação positiva.
- Número de tentativas de execução por desafio até alcançar a pontuação positiva.
- Tempo dispendido na execução dos desafios bem sucedidos.

6.2.1. Análise e processamento de dados da primeira aula

Nos gráficos que se seguem cada aluno representado corresponde a uma cor. Esta cor é representada graficamente consoante as três medidas sistematizadas no parágrafo anterior: pontuação, número de tentativas ou tempo demorado; por cada aluno em cada um dos desafios. Deste modo verticalmente são correspondidos valores referentes a cada uma destas medidas e horizontalmente cada desafio executado durante a aula.

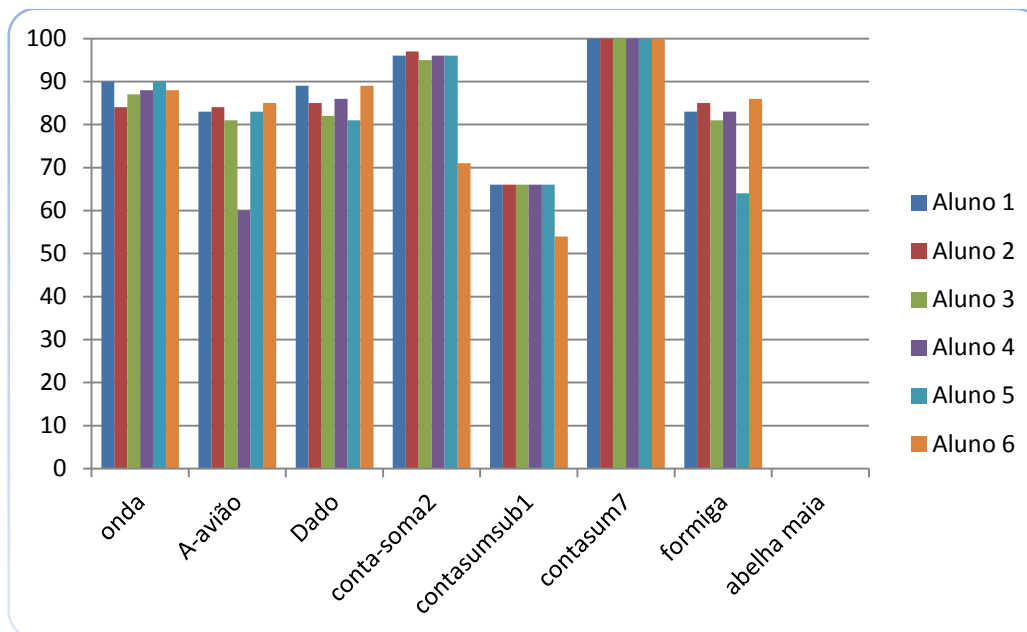


Figura 18: Gráfico da pontuação da Aula 1

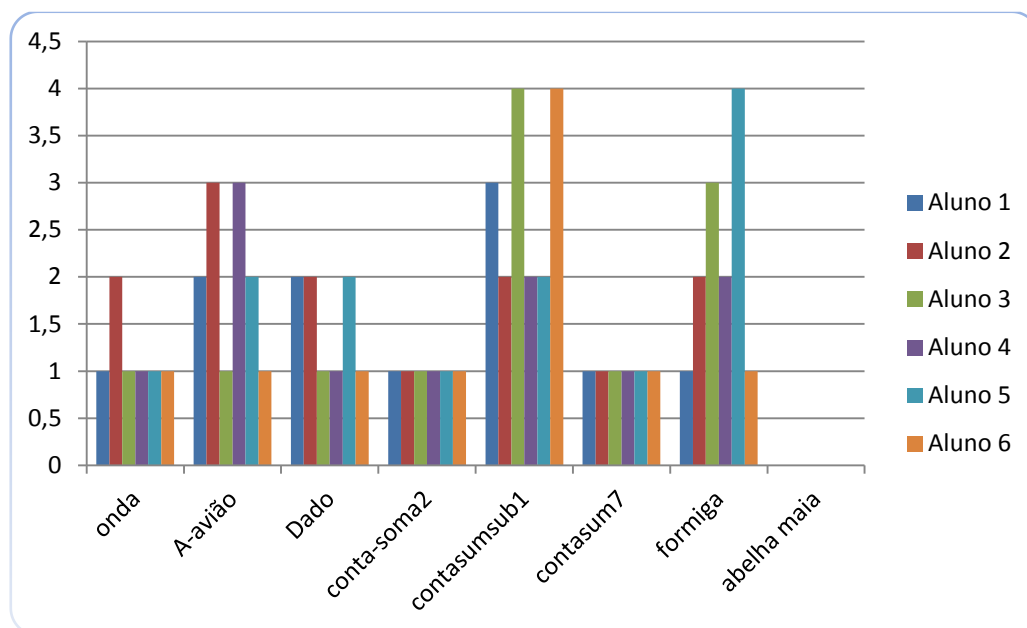


Figura 19: Gráfico do número de tentativas por desafio da Aula 1

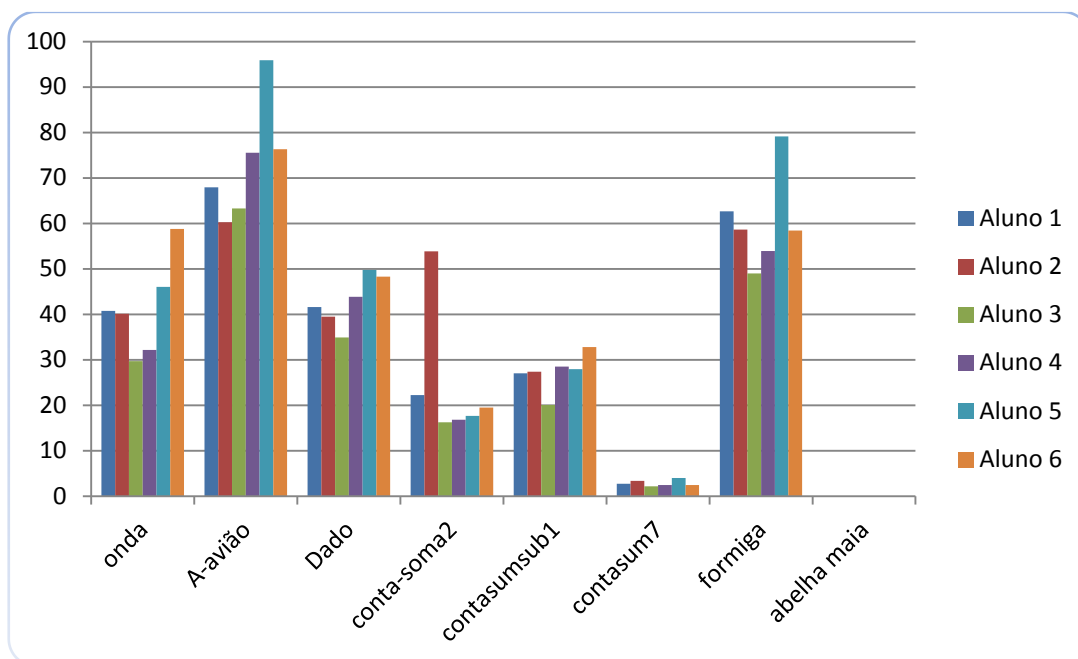


Figura 20: Gráfico do tempo estimado por desafio da Aula 1

Os resultados apresentados nas figuras 17,18 e 19 correspondem todos à primeira Aula executada por todos os Alunos envolvidos. Como podemos verificar, todos os desafios de matemática têm uma pontuação superior, excepto o contasumsub1 devido a uma falha técnica encontrada na ferramenta da criança relativa ao reconhecedor InkManager utilizado. Tanto o desafio do A-avião, que era um exercício de repetição de letras e cujo objectivo era escrever cinco vezes a letra A, como o formiga, cujo objectivo era escrever a palavra formiga, são os mais complexos e compridos e por isso, os alunos tiveram uma pontuação mais reduzida e demoraram mais tempo na sua execução. É possível verificar também que o tipo de desafio Língua Portuguesa e Trabalho Autónomo têm médias de tempos de execução bastante superior aos desafios de Matemática.

Primeira Série de Exercícios				
Desafios	Tipo de Desafio	Média Pontuação (%)	Média Tentativas	Média Tempo de execução (s)
onda	Trabalho Autonomo (PIT)	87.83333333	1.166666667	41.26433333
A-avião	Língua Portuguesa	79.33333333	2	73.18233333
Dado	Língua Portuguesa	85.33333333	1.5	42.97466667
conta-soma2	Matemática	91.83333333	1	24.3735
contasumsub1	Matemática	64	2.833333333	27.2815
contasum7	Matemática	100	1	2.8525
formiga	Língua Portuguesa	80.33333333	2.166666667	60.29216667
abelha maia	Língua Portuguesa	-	-	-

Tabela 12: Resultados da primeira série de Desafios

Visto que inicialmente todos os alunos estavam com muitas dificuldades na execução do desafio com o nome Abelha Maia, foi decidido cancelar este desafio, e deste modo, não existem indicadores relativos a este desafio.

Tanto pelos gráficos como pela tabela acima, é possível verificar também que o número de tentativas na sua grande maioria é de apenas uma tentativa por desafio, o que são valores bastante positivos.

Na sua maioria, todos os alunos tiveram uma excelente prestação em todas as medidas sistematizadas nos respectivos gráficos.

6.2.2. Análise e processamento de dados da segunda aula

Mais uma vez, nos gráficos que se seguem cada aluno é representado graficamente por uma cor e correspondem a cada uma das três medidas sistematizadas anteriormente: pontuação, número de tentativas ou tempo demorado; por cada aluno em cada um dos desafios. Os valores apresentados na vertical são referentes a cada uma destas medidas e os valores na horizontal correspondem a cada desafio executado durante a aula.

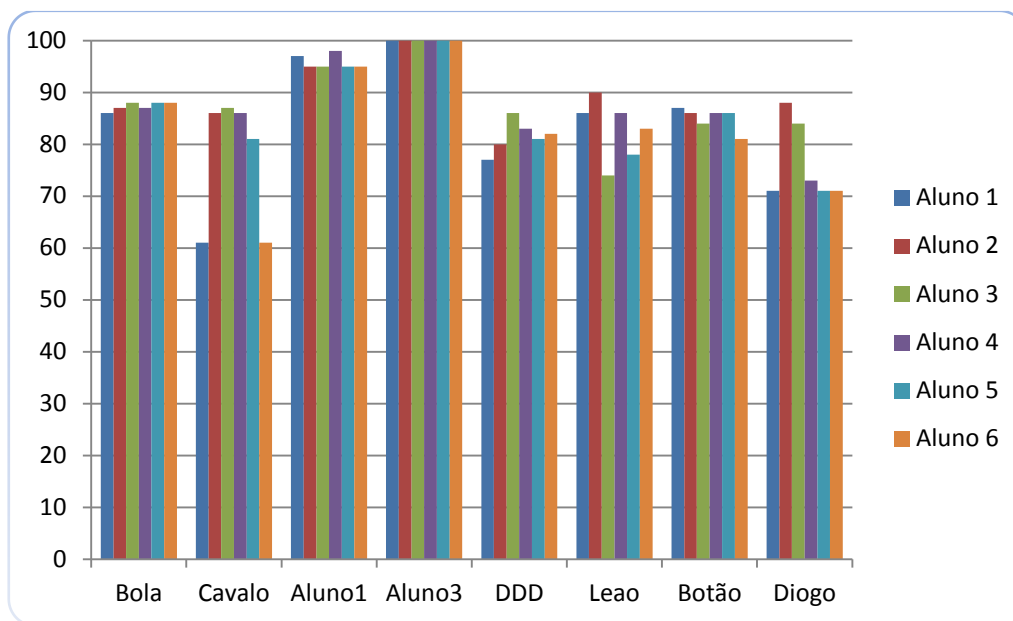


Figura 21: Gráfico da pontuação por desafio na Aula 2

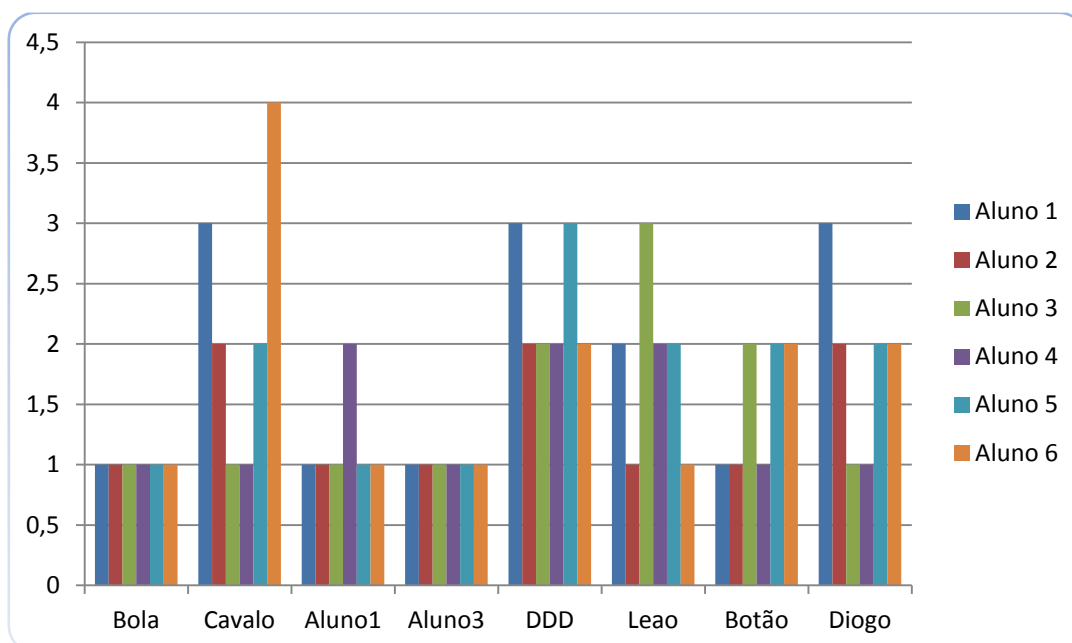


Figura 22: Gráfico do número de tentativas por desafio na Aula 2

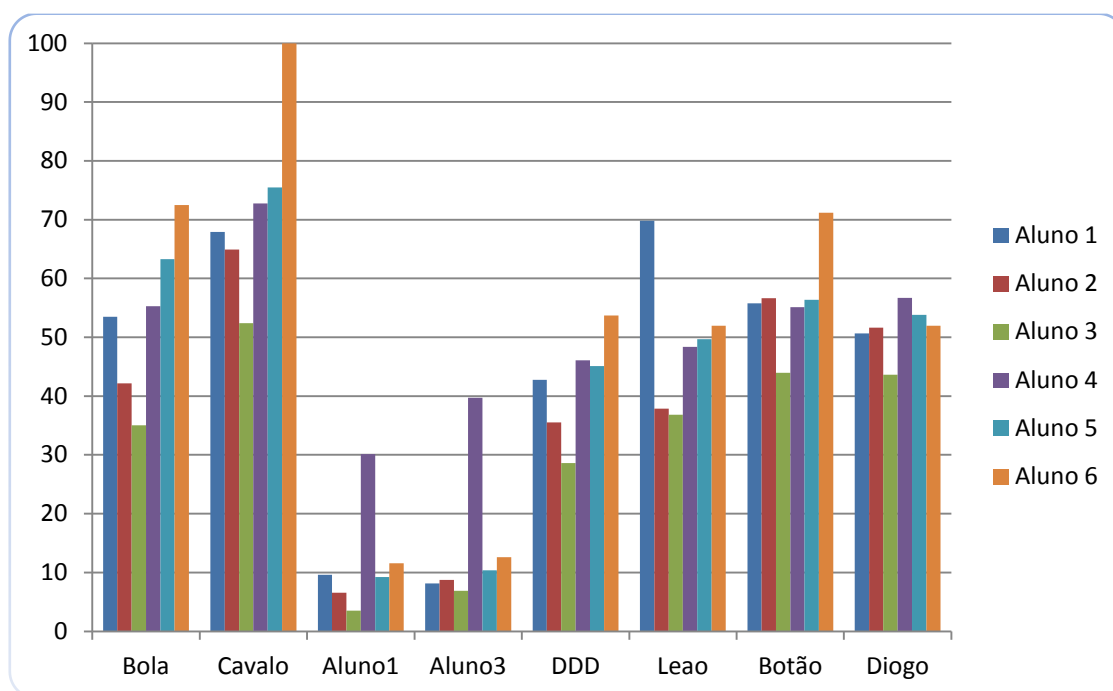


Figura 23: Gráfico do tempo estimado por desafio na Aula 2

Os resultados apresentados nas figuras 20,21 e 22 correspondem todos à segunda Aula executada por todos os Alunos envolvidos. Aqui, e tal como na primeira Aula, todos os desafios de matemática têm uma pontuação superior e uma redução bastante grande no tempo dispendido face aos outros. Tanto o desafio “*Cavalo*”, cujo objectivo era desenhar a palavra Cavalo, como o desafio “*Diogo*”, onde o intuito era escrever a sublinhar a palavra Diogo, foram os desafios que mais dificuldades apresentaram aos alunos e deste modo são os que têm uma pontuação mais reduzida comparativamente com os outros.

Através do número de tentativas, também é possível identificar que os alunos tiveram algumas dificuldades em representar o desafio “*DDD*”, que tinha como objectivo escrever sequencialmente três vezes a letra D, no entanto e como demonstrado na tabela abaixo é possível verificar que a média de tentativas manteve bons resultados, onde na sua grande maioria é de apenas uma tentativa por desafio.

Mais uma vez, é possível verificar que a média de tempo de execução nos desafios com o tipo de avaliação Matemática é bastante inferior aos outros tipos de desafios.

Segunda Série de Exercícios				
Desafios	Tipo de Desafio	Média Pontuação (%)	Média Tentativas	Média Tempo de execução (s)
Bola	Língua Portuguesa	87.33333333	1	53.61333333
Cavalo	Língua Portuguesa	77	2.166666667	72.48866667
Aluno1	Matemática	95.83333333	1.166666667	11.78133333
Aluno3	Matemática	100	1	14.401
DDD	Língua Portuguesa	81.5	2.333333333	41.966
Leao	Língua Portuguesa	82.83333333	1.833333333	49.07933333
Botão	Língua Portuguesa	85	1.5	56.4995
Diogo	Língua Portuguesa	76.33333333	1.833333333	51.391

Tabela 13: Resultados da segunda série de Desafios

6.2.3. Conclusão

Com o intuito de simplificar a análise das evoluções salientadas nas tabelas e gráficos anteriores, foi realizada uma sistematização dos principais indicadores apresentados.

Média Pontuação (%)		Média Tentativas		Média Tempo de execução (s)	
1ª Aula	2ª Aula	1ª Aula	2ª Aula	1ª Aula	2ª Aula
84.0952381	85.729167	1.666666667	1.604166667	38.88871429	43.90252083

Tabela 14: Médias dos resultados obtidos

Apesar dos resultados em questão não serem estatisticamente significativos, visto que o número de testes realizado é bastante pequeno, é possível verificar uma pequena tendência na alteração do desempenho das crianças.

Deste modo e através da aplicação da operação estatística de cálculo de médias às tabelas anteriores, foram identificados os seguintes resultados comparando a primeira série com a segunda:

- Aumento da média das pontuações de sucesso;
- Redução do número de tentativas por cada Desafio;
- Aumento do tempo de execução.

Através destes resultados podemos concluir uma tendência positiva no aumento das médias das pontuações de sucesso de 1%. Apesar de este valor não ser um resultado muito significativo, é necessário encarar que o nível em que estes alunos se encontram é bastante superior ao nível de crianças com apenas 4 anos de idade, e que deste modo têm mais coordenação motora e facilidade a desempenhar este tipo de aprendizagem.

O facto da média de pontuações ser efectivamente bastante alta deve-se ao facto do número máximo de pontos sequenciais no algoritmo de cálculo do ponto mais próximo a analisar ter sido definido em 30, o que alargou bastante a pesquisa dos pontos. Este número teria melhores resultados em alunos com idade inferior a 6 anos, e por isso no início do processo de aprendizagem. Assim deveria ter sido atribuído um número inferior a este para dificultar um pouco a tarefa destes alunos.

Apesar do tempo de execução da segunda série ser superior e de existir uma redução do número de tentativas por desafio quase nula, é necessário ter em conta que na primeira série existem três desafios com o tipo matemático. Este tipo de desafios demoram significativamente menos tempo a executar e existe a possibilidade do aluno pensar qual o valor correspondente antes de começar a executar o desafio, perdendo menos tempo desde que coloca a caneta junto à Tela até o finalizar. Outro factor importante a ter em conta é que a segunda série contem desafios com um nível de dificuldade bastante maior. Assim é possível verificar que apesar dos resultados estatísticos do tempo serem inferiores, existe uma evolução bastante positiva nestes alunos.

Capítulo 7

Conclusão

Os objectivos propostos para esta tese foram atingidos e todos os requisitos para a construção de uma plataforma de suporte ao ensino da aprendizagem no ensino pré-primário e primário, foram cumpridos. As suas componentes aplicacionais foram projectadas e implementadas e consistem em: uma ferramenta onde o professor pode architectar desafios com o objectivo de ensinar e exercitar alunos com idades entre os 4 e os 7, e uma ferramenta em que o aluno executa todos os exercícios que o professor lhe propõe sem a ajuda deste. Foi também produzido um ambiente de entrevistas e testes para ambos os utilizadores com o objectivo de avaliar toda a plataforma. A arquitectura da aplicação assegura que todos os dados produzidos por ambas as ferramentas são guardados no disco do dispositivo para posterior utilização. A nível de usabilidade, ambas as ferramentas produzidas são direccionadas consoante o tipo de utilizadores.

A ferramenta do Professor apresenta um menu com várias funcionalidades: a) Modelos, para criação e edição de grafemas e/ou caracteres alfanuméricos; b) Desafios, para criação e edição de desafios com diversas opções para as crianças; c) Aulas, para planeamento de uma aula com vários desafios e recompensas; d) Correção de Desafios, para verificação dos desafios executados pelos alunos. Esta ferramenta foi, desde início, acompanhada regularmente por uma professora com o intuito ficar o mais completa possível. Posteriormente, e já com outra professora, foram executadas entrevistas e testes para validar todas as suas opções.

A ferramenta do Aluno, por outro lado e tendo em conta as idades dos seus utilizadores, apresenta um ambiente gráfico bastante simples e com níveis de usabilidade bastante intuitivos. Todas as aulas planeadas na ferramenta anterior, após serem carregadas, irão aparecer no seu ambiente organizadas consoante as suas recompensas. E estas serão desbloqueadas após a sua execução com sucesso. Esta ferramenta apresenta um algoritmo de cálculo para verificar a distância entre pontos desenhados por aluno e professor com o intuito de corrigir o aluno e desenvolver as suas aptidões motoras e escolares. Após finalizar a execução do desafio, o aluno é avaliado através de uma barra de progresso que lhe indica a sua pontuação consoante a sua prestação durante a resolução do mesmo.

Esta plataforma apresenta um progresso significativo ao processo de aprendizagem em ambos os utilizadores: para os alunos melhora a coordenação motora dos movimentos executados

pela mão, aperfeiçoa a caligrafia e aprende a realizar cálculos aritméticos através de uma ferramenta que os motiva; para os professores, a criação de uma aula inteira para todos os alunos permite libertar de tempo para ajudar alunos com mais necessidades ou realizar outras tarefas, a possibilidade de produzir desafios especificamente para alunos com necessidades específicas, a ajuda, a avaliação e correção de desafios não necessitam da presença física do professor. Enquanto que outros sistemas visam apenas melhorar as capacidades de escrita ou aritmética dos utilizadores, fornecendo uma base para repetição e aperfeiçoamento sem validação automática do seu desempenho, e por isso, estando sempre dependentes de um professor para lhes retornar uma avaliação, esta plataforma implementa um sistema capaz de lhe fornecer esta funcionalidade.

7.1. Trabalho futuro

De acordo com aos resultados analisados e processados através da ferramenta do Aluno e do Professor, existe algum trabalho que pode ser realizado para melhorar a ferramenta:

1. Criação de uma área pessoal para o Aluno com o intuito de criar um perfil e ter acesso a todas as Aulas realizadas, podendo a ver a sua evolução;
2. Possibilidade de gravação de voz de um Professor para explicar e incentivar a execução de um desafio ao Aluno;
3. Adicionar a possibilidade de colocar vídeos na recompensa;
4. Criar exercícios sem tipo de avaliação apenas para eles desenharem livremente e, desta forma, conseguirem desenvolver uma melhor ambientação à ferramenta;
5. Adaptar a plataforma para utilizadores esquerdinos;
6. Possibilidade de adaptar o grau de dificuldade usado no algoritmo de avaliação de acordo com o nível demonstrado pela criança.

Bibliografia

- [1] Christianne Visvanathan (2008): "HowStuffWorks - Como funcionam os métodos de alfabetização"
- [2] Réjean Plamondon and Sargur N. Srihari, Fellow, IEEE: *On-Line and Off-Line Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey*, pp. 64 – Section 1.3 (2000)
- [3] José Manuel Moran, Tablets e Notebooks na Educação, Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil, 2012
- [4] Mattei, Claudinéia. O Prazer de aprender com a informática na educação infantil, Associação Educacional Leonardo da Vinci, Curso de Especialização em Psicopedagogia, 2011.
- [5] Janet C Read, Stuart MacFarlane, Matthew Horton, Child Computer Interaction Group of University of Central Lancashire, Preston, PR1 2HE, UK: *The Usability of Handwriting Recognition for Writing in the Primary Classroom*.
- [6] Norizan Mat Diah and Nor Azan Mat Zin Department Of Information Science, Faculty of Information Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia (2011): Digital Training Tool Framework for Jawi Character Formation
- [7] Ke, F., & Grabowski, B. (2007). Gameplaying for math's learning: cooperative or not? *British Journal of Educational Technology*, 38(2), 249-259.
- [8] MORAES, Maria Candida. Novas tendências para o uso das tecnologias da informação na educação 1998.
- [9] Boyle, Tom, *Design for Multimedia Learning*, Prentice Hall Europe, 1997.
- [10] Hardman, L., Bulterman, D., van Rossum, G., "The Amsterdam Hypermedia Model: Adding time and Context to the Dexter Model", *Communications of the ACM*, 37(2), 50-62, 1995.
- [11] Berninger, V. W., & Swanson, H. L. (1994). Modifying Hayes and Flower's model of skilled writing to explain beginning and developing writers. In J. S. Carlson (Series Ed.) & E. C. Butterfield (Vol. Ed.), *Advances in cognition and educational practice: Vol. 2 Children's writing: Toward a process theory of the development of skilled writing* (pp. 57–81). Greenwich, CT: JAI.
- [12] Nielsen, J., *Multimedia and Hypertext – The Internet and Beyond*, Academic Press Inc., 1995

- [13] Volman, M. J. M., van Schendel, B. M., & Jongmans, M. J. (2006). Handwriting difficulties in primary school children: A search for underlying mechanisms. *American Journal of Occupational Therapy*, 60, 451–460.
- [14] Abott, R. D., & Berninger, V. W. (1993). Structural equation modeling of relationships among developmental skills and writing skills in primary- and intermediate-grade writers. *Journal of Educational Psychology*, 85, 478–508.
- [15] Réjean Plamondon and Sargur N. Srihari, Fellow, IEEE: *On-Line and Off-Line Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey*, pp. 63-84 (2000)
- [16] Lorigo, L.M., Govindaraju V.: *Off-line Arabic Handwriting Recognition: a survey*. (1997)
- [17] Alberto deDiego Botinelli, Beatriz Barros, Universidad de Málaga, *TRAZO: A Tool to Acquire Handwriting Skills Using Tablet-PC Devices*, pp. 278–281 (2010)
- [18] Joana Pereira, Luís Carriço and Carlos Duarte (2009), Departamento de Informática, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa: *Improving Children's Writing Ability*
- [19] *Adriana Batista, Fernanda Leopoldina Viana, Luís Filipe Barreiro (2011)*, Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular: O Ensino da Escrita: Dimensões Gráfica e Ortográfica
- [20] Saad, M. N., Abd. Razak, A.H., Yasin, A., Aziz, N.S.: Redesigning the user interface of handwriting recognition system for preschool children, *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 8(1).p93-98. (2011)
- [21] Luquet, G. H. O desenho infantil p.213-214. Trad. Maria Teresa Gonçalves de Azevedo. Porto: Livraria Civilização, 1979.
- [22] *Psicologia e Pedagogia*, 3. ed. (Trad. D. A. Lindoso e R. M. R. Silva). Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1976. (Orig.: 1969).
- [23] Hershkowitz et al.: 1990, 'Psychological aspects of learning geometry', in P. Nesher and J. Kilpatrick (eds.), *Mathematics and Cognition*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 70-95.
- [24] Hope G (2008) *Thinking and Learning through Drawing: in Primary Classrooms*, Sage, London.

- [25] Hodges, R. E. (2003). Mental processes and the conventions of writing: Spelling, punctuation, handwriting. In R. Indrisano & J. R. Squire (Eds.), *Perspectives on writing: Research, theory, and practice* (3a ed., pp. 187-211). Newark: International Reading Association.
- [26] Templeton, S., & Morris, D. (2000). Spelling. In M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. III, pp. 525-543). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- [27] Adams, M. J. (1998). *Beginning to read: thinking and learning about print* (11a ed.). London: Bradford Book.
- [28] Steffani, S., Selvester, P.M.: The Relationship of Drawing, Writing, Literacy, and Math in Kindergarten Children, *Reading Horizons*, vol49 (2). P.125-142. (2009)
- [29] Peter Bryant, Department of Education, University of Oxford (2011): Children's understanding and use of inversion in arithmetic
- [30] Kamran Sedighian, Department of Computer Science, University of British Columbia (1997): Challenge-Driven Learning: A Model for Children's Multimedia Mathematics Learning Environments
- [31] Kamran Sedighian And Andishe Sedighian, Department of Computer Science, University of British Columbia (1996): Can educational computer games help educators learn about the psychology of learning mathematics in children?
- [32] Oblinger, D.G. (2006). Games and learning. *EDUCASE Quarterly*, 29(3).
- [33] Read, C. (1971). Preschool children's knowledge of english phonology. *Harvard Educational Review*(41), 1-34.
- [34] Viana Abreu, Marlene Aparecida. *Dificuldades da Aprendizagem de Matemática: Onde está a deficiência*, 2013.
- [35] JOSÈ, Elisabete Assunção e COELHO, Maria Teresa. Problemas de aprendizagem. Editora Ática. São Paulo. 1997.
- [36] Fonseca, V. da, Insucesso Escolar – Abordagem psicopedagógica das dificuldades de aprendizagem. Lisboa: Âncora Editora. 1999.

- [37] Sims, R. (1998) Interactivity for effective educational communication and engagement during technology-based and online learning in McBeath, McLoughlin & Atkinson (eds) Planning for Progress, Partnership and Profit. Proceedings EdTech'98.
- [38] Sawsan Nusir, Izzat Alsmadi and Mohammed Al-Kabi, CIS Department IT & CS Faculty Yarmouk University, and Fatima Shardqah, Computer center Al al-Bayt University Almafraqa-Jordan: *Designing an Interactive Multimedia Learning System for the Children of Primary Schools in Jordan*.
- [39] K.W. Poon, C.W.P. Li-Tsang, Department of Rehabilitation Sciences, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong SAR, China T.P.L. Weiss and S. Rosenblum, Department of Occupational Therapy, Faculty of Social Welfare & Health Studies, University of Haifa, Haifa, Israel (2010): The effect of a computerized visual perception and visual-motorintegration training program on improving Chinese handwritingof children with handwriting difficulties.
- [40] Mayank Sharma and Russel Beauregard, Intel Corporation;Tabita Abraham, HumanFactors International (2000): Designing for Children – With focus on ‘Play + Learn’.
- [41] Allison Druin, Jason Stewart, David Proft, Ben Bederson and Ben Bederson, Computer Science Department/ College of Education, University of New Mexico (1997): KidPad: A Design Collaboration Between Children, Technologists, and Educators
- [42] Janet C Read, Stuart MacFarlane and Peggy Gregory, University of Central Lancashire, Preston (2004):Requirements for the Design of a Handwriting Recognition Based Writing interface for Children.
- [43] Sims, R. (1998) Interactivity for effective educational communication and engagement during technology-based and online learning in McBeath, McLoughlin & Atkinson (eds) Planning for Progress, Partnership and Profit. Proceedings EdTech'98.
- [44] Druin, A., et al., *Children as our technology design partners*, in *The Design of Children's technology*, A. Druin, Editor. 1999, Morgan Kaufmann: San Francisco, CA. p. 51 - 72.
- [45] Ferreiro, E., & Teberosky, A. (1991). Psicogénese da língua escrita (D. M. Lichtenstein, L. d. Marco & M. Corso, Trans. 4a ed.). Porto Alegre: Artes Medicas.
- [46] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/windows.ui.input.inking.inkingmanager.ASPx>

[47] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.xml.linq.aspx>

Anexos

Conteúdo do Ficheiro XML da Aula 1 e respectivos Desafios

Aula 1

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Class Name="alunos-U2">

  <ChallengeSet Reward="phineas.png" index="1">

    <Challenge Template="onda" />

    <Challenge Template="A-aviao" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="phineas-and-ferb-perry.jpg" index="2">

    <Challenge Template="Dado" />

    <Challenge Template="conta-soma2" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="Hey_Ferb.png" index="3">

    <Challenge Template="contasumsub1" />

    <Challenge Template="contasum7" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="PF15.jpg" index="4">

    <Challenge Template="formiga" />

    <Challenge Template="abelha maia" />

  </ChallengeSet>

</Class>
```

Desafio Onda

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="onda">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>pap</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.096227403626824817</FactorX>

    <FactorY>0.43112860840636413</FactorY>

    <Template>Ondas</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Type>Draw</Type>

  <nChild>1</nChild>

  <Score>60</Score>

  <Help>Não</Help>

</Challenge>
```

Desafio A-avião

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="A-aviao">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>pap</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.16350748800013187</FactorX>

    <FactorY>0.62611615069500814</FactorY>

    <Template>A1</Template>

    <Repeats>5</Repeats>

  </Content>

  <Type>LP</Type>

  <nChild>1</nChild>

  <Score>68</Score>

  <Help>Sim</Help>

  <Images index="1">

    <Filename>aviao.jpg</Filename>

    <FactorX>0.6766850158245894</FactorX>

    <FactorY>0.10660261674360795</FactorY>

  </Images>

</Challenge>
```


Desafio Dado

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="dado">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>t</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.32507634963432369</FactorX>

    <FactorY>0.50535881736061794</FactorY>

    <Template>D1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.43449259013155078</FactorX>

    <FactorY>0.59848652133693947</FactorY>

    <Template>a</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.54003858357450385</FactorX>

    <FactorY>0.51813555630770591</FactorY>

    <Template>d</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.6646617694492758</FactorX>

    <FactorY>0.60568135744565488</FactorY>
```

<Template>o</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Type>LP</Type>
<nChild>1</nChild>
<Score>60</Score>
<Help>Não</Help>
<Images index="1">
<Filename>dado.jpg</Filename>
<FactorX>0.74962570301807707</FactorX>
<FactorY>0.53962600509841718</FactorY>
</Images>
</Challenge>

Desafio conta-soma2

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="conta-soma2">

<Recognize index="1">

<Result>2</Result>

<Bbox AxisXLeft="0.75008714216468975" AxisXRight="0.89426073505930659"
AxisYtop="0.62308159369926952" AxisYbottom="0.91163060572240262" ID="38286601" />

</Recognize>

<Accompaniment index="1">

<Display>pap</Display>

<Bbox AxisXLeft="0.75008714216468975" AxisXRight="0.89426073505930659"
AxisYtop="0.62308159369926952" AxisYbottom="0.91163060572240262" ID="38286601" />

</Accompaniment>

<Content index="1">

<FactorX>0.16354170750527486</FactorX>

<FactorY>0.630602452662084</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.4692980494812457</FactorX>

<FactorY>0.62882385253906248</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.7677478595371664</FactorX>

<FactorY>0.63917344328644987</FactorY>

```

<Template>2</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.25737524659094146</FactorX>

<FactorY>0.62514742566393566</FactorY>

<Template>+</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.58483329271748119</FactorX>

<FactorY>0.70616365903383727</FactorY>

<Template>=</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>Math</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>50</Score>

<Help>Não</Help>

</Challenge>

```

Desafio Contasum1sub1

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="contasumsub1">

  <Recognize index="1">

    <Result>2</Result>

    <Bbox AxisXLeft="0.71752947507983578" AxisXRight="0.88393572507983575"
    AxisYtop="0.027102780032467532" AxisYbottom="0.39870026823762178" ID="11121957" />

  </Recognize>

  <Recognize index="2">

    <Result>1</Result>

    <Bbox AxisXLeft="0.73207499928718067" AxisXRight="0.8797151217495438"
    AxisYtop="0.56082945984679378" AxisYbottom="0.93105880935470775" ID="54855554" />

  </Recognize>

  <Accompaniment index="1">

    <Display>pap</Display>

    <Bbox AxisXLeft="0.71752947507983578" AxisXRight="0.88393572507983575"
    AxisYtop="0.027102780032467532" AxisYbottom="0.39870026823762178" ID="11121957" />

  </Accompaniment>

  <Accompaniment index="2">

    <Display>pap</Display>

    <Bbox AxisXLeft="0.73207499928718067" AxisXRight="0.8797151217495438"
    AxisYtop="0.56082945984679378" AxisYbottom="0.93105880935470775" ID="54855554" />

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.75447959064567172</FactorX>

    <FactorY>0.6323808942522321</FactorY>

    <Template>1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>
```

```

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.47954769412966541</FactorX>

<FactorY>0.6358017165939529</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.16108117207993555</FactorX>

<FactorY>0.64562499801833906</FactorY>

<Template>2</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.17371613439852304</FactorX>

<FactorY>0.11808263605291193</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.48023407302633692</FactorX>

<FactorY>0.10999492298473011</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="6">

<FactorX>0.74451108500905283</FactorX>

```

<FactorY>0.11730516111695921</FactorY>
 <Template>2</Template>
 <Repeats>1</Repeats>
 </Content>
 <Content index="7">
 <FactorX>0.27464302786945427</FactorX>
 <FactorY>0.10668310190176035</FactorY>
 <Template>+</Template>
 <Repeats>1</Repeats>
 </Content>
 <Content index="8">
 <FactorX>0.293703822671932</FactorX>
 <FactorY>0.74805335944349116</FactorY>
 <Template>-</Template>
 <Repeats>1</Repeats>
 </Content>
 <Content index="9">
 <FactorX>0.58013260555963442</FactorX>
 <FactorY>0.70419176770495129</FactorY>
 <Template>=</Template>
 <Repeats>1</Repeats>
 </Content>
 <Content index="10">
 <FactorX>0.56467953981274233</FactorX>
 <FactorY>0.18756765390371347</FactorY>
 <Template>=</Template>
 <Repeats>1</Repeats>

```

</Content>

<MathHelper index="1">

<FactorX>0.50820498779742385</FactorX>

<FactorY>0.010150225750811688</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="2">

<FactorX>0.20275012385236085</FactorX>

<FactorY>0.028757149832589285</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="3">

<FactorX>0.50692377299287894</FactorX>

<FactorY>0.92094690892603492</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="4">

<FactorX>0.21107298022639143</FactorX>

<FactorY>0.90203782118760145</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="5">

<FactorX>0.15118960638115875</FactorX>

<FactorY>0.91205083673650567</FactorY>

</MathHelper>

<Type>Math</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>60</Score>

<Help>Não</Help>

</Challenge>

```


Desafio Contasum7

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="contasum7">

<Recognize index="1">

<Result>7</Result>

<Bbox AxisXLeft="0.74722339045392339" AxisXRight="0.92636611827098536"
AxisYtop="0.2253519429788961" AxisYbottom="0.60666345373376629" ID="59430944" />

</Recognize>

<Content index="1">

<FactorX>0.11370839306907932</FactorX>

<FactorY>0.24994716891994723</FactorY>

<Template>4</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.4141700688939895</FactorX>

<FactorY>0.3038248235529119</FactorY>

<Template>3</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.22431883985978843</FactorX>

<FactorY>0.2957057705173245</FactorY>

<Template>+</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.55002398525711393</FactorX>

<FactorY>0.35042134074421671</FactorY>

<Template>=</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>Math</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>50</Score>

<Help>Sim</Help>

</Challenge>

Desafio Formiga

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="formiga">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>lc</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.05178717174669252</FactorX>

    <FactorY>0.50883795007482746</FactorY>

    <Template>F1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.12612853781150205</FactorX>

    <FactorY>0.62054381432471339</FactorY>

    <Template>o</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.21200228224705606</FactorX>

    <FactorY>0.59304752597561128</FactorY>

    <Template>r</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.30264633624223025</FactorX>

    <FactorY>0.63365277872457137</FactorY>
```

```

<Template>m</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.472879075655972</FactorX>

<FactorY>0.51238681743671366</FactorY>

<Template>i</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="6">

<FactorX>0.60836166326146923</FactorX>

<FactorY>0.63647484717431</FactorY>

<Template>g</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="7">

<FactorX>0.70428256849302862</FactorX>

<FactorY>0.62291625877479451</FactorY>

<Template>a</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>LP</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>70</Score>

<Help>Sim</Help>

<Images index="1">

<Filename>formiga.jpg</Filename>

```

<FactorX>0.69414445640396893</FactorX>

<FactorY>0.19375998757102272</FactorY>

</Images>

</Challenge>

Desafio Abelha Maia

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="abelha maia">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>t</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.021281087833599454</FactorX>

    <FactorY>0.12223221419693588</FactorY>

    <Template>A1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.13829688190543737</FactorX>

    <FactorY>0.083122392134232961</FactorY>

    <Template>b</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.22984743605564981</FactorX>

    <FactorY>0.23600013534744063</FactorY>

    <Template>e</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.31138875641091895</FactorX>

    <FactorY>0.0920337726543476</FactorY>
```

```

<Template>l</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.407595234891794</FactorX>

<FactorY>0.078181041370738641</FactorY>

<Template>h</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="6">

<FactorX>0.48920775364785296</FactorX>

<FactorY>0.19227441069367643</FactorY>

<Template>a</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="7">

<FactorX>0.048737457720902717</FactorX>

<FactorY>0.520178579355215</FactorY>

<Template>M1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="8">

<FactorX>0.1906864082726249</FactorX>

<FactorY>0.58384696167784855</FactorY>

<Template>a</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

```

```

<Content index="9">

<FactorX>0.29774568655195027</FactorX>

<FactorY>0.50723309207272216</FactorY>

<Template>i</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="10">

<FactorX>0.43766297450030806</FactorX>

<FactorY>0.57666711683397165</FactorY>

<Template>a</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>LP</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>65</Score>

<Help>Sim</Help>

<Images index="1">

<Filename>abelhaMaia.jpg</Filename>

<FactorX>0.68810680974138916</FactorX>

<FactorY>0.11274707348315746</FactorY>

</Images>

</Challenge>

```


Conteúdo do Ficheiro XML da Aula 2 e respectivos Desafios

Aula 2

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Class Name="Alunos-F1">

  <ChallengeSet Reward="Draculaura.jpg" index="1">

    <Challenge Template="bola" />

    <Challenge Template="cavalo" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="Clawdeen-Wolf.jpg" index="2">

    <Challenge Template="aluno1" />

    <Challenge Template="aluno3" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="Frankie-Stein.jpg" index="3">

    <Challenge Template="DDD" />

    <Challenge Template="Leao" />

  </ChallengeSet>

  <ChallengeSet Reward="monster-high-all2.jpg" index="4">

    <Challenge Template="Botao" />

    <Challenge Template="Diogo" />

  </ChallengeSet>

</Class>
```

Desafio bola

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="Bola">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>t</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.14321003934762774</FactorX>

    <FactorY>0.25347478296849635</FactorY>

    <Template>B1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.25290633152871234</FactorX>

    <FactorY>0.35524236010266591</FactorY>

    <Template>o</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.34542419823416826</FactorX>

    <FactorY>0.20991618168818485</FactorY>

    <Template>l</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.43726866506312018</FactorX>

    <FactorY>0.33518498903745181</FactorY>
```

<Template>a</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Type>LP</Type>
<nChild>1</nChild>
<Score>60</Score>
<Help>Não</Help>
<Images index="1">
<Filename>bola-de-futebol-5.png</Filename>
<FactorX>0.64118062040231527</FactorX>
<FactorY>0.15693607082614652</FactorY>
</Images>
</Challenge>

Desafio cavalo

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="cavalo">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>lc</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.10587349773323448</FactorX>

    <FactorY>0.22533004562576095</FactorY>

    <Template>C1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.20414423698926495</FactorX>

    <FactorY>0.33628765452991832</FactorY>

    <Template>a</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.3261106839145187</FactorX>

    <FactorY>0.37754429408482143</FactorY>

    <Template>v</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.43804556483769941</FactorX>

    <FactorY>0.32133858916047331</FactorY>
```

```

<Template>a</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.55079337628218383</FactorX>

<FactorY>0.1822694357339438</FactorY>

<Template>l</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="6">

<FactorX>0.64864540935432824</FactorX>

<FactorY>0.31785659294623836</FactorY>

<Template>o</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>LP</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>60</Score>

<Help>Sim</Help>

<Images index="1">

<Filename>cavalo.jpg</Filename>

<FactorX>0.73381345428689548</FactorX>

<FactorY>0.037635466340300322</FactorY>

</Images>

</Challenge>

```

Desafio aluno1

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="aluno1">

<Recognize index="1">

<Result>1</Result>

<Bbox AxisXLeft="0.62648845589073909" AxisXRight="0.854166429060219"
AxisYtop="0.032438679484577924" AxisYbottom="0.41662336077008927" ID="53991632" />

</Recognize>

<Accompaniment index="1">

<Display>pap</Display>

<Bbox AxisXLeft="0.62648845589073909" AxisXRight="0.854166429060219"
AxisYtop="0.032438679484577924" AxisYbottom="0.41662336077008927" ID="53991632" />

</Accompaniment>

<Content index="1">

<FactorX>0.31150166866553092</FactorX>

<FactorY>0.11014998795150162</FactorY>

<Template>3</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.063471113330256332</FactorX>

<FactorY>0.084900873357599438</FactorY>

<Template>4</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.17855488575287978</FactorX>

<FactorY>0.23506480076096276</FactorY>

```

<Template>-</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.43791363152274249</FactorX>

<FactorY>0.17313737745408889</FactorY>

<Template>=</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.70324224764413212</FactorX>

<FactorY>0.082930468274401384</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<MathHelper index="1">

<FactorX>0.40993135549726278</FactorX>

<FactorY>0.36894999912806919</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="2">

<FactorX>0.34971216577683051</FactorX>

<FactorY>0.37039176643668831</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="3">

<FactorX>0.27962258888857205</FactorX>

<FactorY>0.35534178498503449</FactorY>

</MathHelper>

```

```

<MathHelper index="4">

<FactorX>0.10703641794023723</FactorX>

<FactorY>0.47286836636530888</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="5">

<FactorX>0.052396899592267336</FactorX>

<FactorY>0.48367697851998465</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="6">

<FactorX>0.041849044465670622</FactorX>

<FactorY>0.36543627652254973</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="7">

<FactorX>0.10138714644160583</FactorX>

<FactorY>0.37018812105253146</FactorY>

</MathHelper>

<Type>Math</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>60</Score>

<Help>Sim</Help>

</Challenge>

```


Desafio aluno 3

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="aluno3">

<Recognize index="1">

<Result>3</Result>

<Bbox AxisXLeft="0.74089266366332118" AxisXRight="0.95651231751824817"
AxisYtop="0.044615430955762987" AxisYbottom="0.40513067864752433" ID="41487456" />

</Recognize>

<Recognize index="2">

<Result>3</Result>

<Bbox AxisXLeft="0.73117060974566606" AxisXRight="0.93541001368613141"
AxisYtop="0.49871413986404223" AxisYbottom="0.83186574168019478" ID="37247642" />

</Recognize>

<Content index="1">

<FactorX>0.44390002062720973</FactorX>

<FactorY>0.10070673954951298</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.0751059594815665</FactorX>

<FactorY>0.086470378528941766</FactorY>

<Template>2</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.20235224257420451</FactorX>

<FactorY>0.0736216062075132</FactorY>

```

<Template>+</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.55744446803183456</FactorX>

<FactorY>0.16280376880199879</FactorY>

<Template>=</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.18354947166721317</FactorX>

<FactorY>0.50675326260653408</FactorY>

<Template>+</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="6">

<FactorX>0.52491765265917256</FactorX>

<FactorY>0.59084052544135557</FactorY>

<Template>=</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="7">

<FactorX>0.38902566728800753</FactorX>

<FactorY>0.52033900471476768</FactorY>

<Template>2</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

```

```

<Content index="8">

<FactorX>0.079949717278028062</FactorX>

<FactorY>0.51586015379274042</FactorY>

<Template>1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<MathHelper index="1">

<FactorX>0.099725831860173364</FactorX>

<FactorY>0.88879477761008518</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="2">

<FactorX>0.500969925762093</FactorX>

<FactorY>0.016718440860896914</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="3">

<FactorX>0.13982033833970117</FactorX>

<FactorY>0.011245450106534091</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="4">

<FactorX>0.04146813162921989</FactorX>

<FactorY>0.014391693511566559</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="5">

<FactorX>0.42387142877509126</FactorX>

<FactorY>0.85978932566456978</FactorY>

</MathHelper>

<MathHelper index="6">

```

<FactorX>0.36023541749828925</FactorX>

<FactorY>0.87184650371601058</FactorY>

</MathHelper>

<Type>Math</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>50</Score>

<Help>Não</Help>

</Challenge>

Desafio DDD

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="DDD">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>t</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.34596094284614509</FactorX>

    <FactorY>0.37399939004476968</FactorY>

    <Template>D1</Template>

    <Repeats>3</Repeats>

  </Content>

  <Type>LP</Type>

  <nChild>1</nChild>

  <Score>70</Score>

  <Help>Sim</Help>

</Challenge>
```

Desafio Leão

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="Leao">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>pap</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.059399152324147469</FactorX>

    <FactorY>0.23303317775974025</FactorY>

    <Template>L1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.17551033131397553</FactorX>

    <FactorY>0.33157366963175983</FactorY>

    <Template>e</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.25383189960117758</FactorX>

    <FactorY>0.3235983365541929</FactorY>

    <Template>a</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.37711802573099623</FactorX>

    <FactorY>0.33478933061872213</FactorY>
```

<Template>o</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Content index="5">
<FactorX>0.26571570626140512</FactorX>
<FactorY>0.16994066114549514</FactorY>
<Template>Leao_bg</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Type>LP</Type>
<nChild>2</nChild>
<Score>60</Score>
<Help>Não</Help>
<Images index="1">
<Filename>leao.jpg</Filename>
<FactorX>0.66986268871892107</FactorX>
<FactorY>0.15839084773868709</FactorY>
</Images>
</Challenge>

Desafio Botão

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="Botao">

<Accompaniment index="1">

<Display>lc</Display>

</Accompaniment>

<Content index="1">

<FactorX>0.21640805432396212</FactorX>

<FactorY>0.22093669346400668</FactorY>

<Template>B1</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="2">

<FactorX>0.32269544392606636</FactorX>

<FactorY>0.32198594824060217</FactorY>

<Template>o</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="3">

<FactorX>0.39918164162740222</FactorX>

<FactorY>0.21701483788428369</FactorY>

<Template>t</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="4">

<FactorX>0.48329903261504903</FactorX>

<FactorY>0.31419502852799058</FactorY>
```


<Template>a</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Content index="5">
<FactorX>0.60904023107821059</FactorX>
<FactorY>0.314970284003716</FactorY>
<Template>o</Template>
<Repeats>1</Repeats>
</Content>
<Type>LP</Type>
<nChild>1</nChild>
<Score>89</Score>
<Help>Sim</Help>
<Images index="1">
<Filename>button.png</Filename>
<FactorX>0.74233877362996126</FactorX>
<FactorY>0.31034866927506088</FactorY>
</Images>
</Challenge>

Desafio Diogo

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<Challenge Name="Diogo">

  <Accompaniment index="1">

    <Display>t</Display>

  </Accompaniment>

  <Content index="1">

    <FactorX>0.24877666835367246</FactorX>

    <FactorY>0.16963448462548195</FactorY>

    <Template>D1</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="2">

    <FactorX>0.35577071252530507</FactorX>

    <FactorY>0.17671704973493305</FactorY>

    <Template>i</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="3">

    <FactorX>0.49311483341411955</FactorX>

    <FactorY>0.26437434902438872</FactorY>

    <Template>o</Template>

    <Repeats>1</Repeats>

  </Content>

  <Content index="4">

    <FactorX>0.58856426433925213</FactorX>

    <FactorY>0.27016056605747768</FactorY>
```

```

<Template>g</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Content index="5">

<FactorX>0.68483932383739166</FactorX>

<FactorY>0.26237507114162695</FactorY>

<Template>o</Template>

<Repeats>1</Repeats>

</Content>

<Type>LP</Type>

<nChild>1</nChild>

<Score>100</Score>

<Help />

<Images index="1">

<Filename>img1.jpg</Filename>

<FactorX>0.771554543154083</FactorX>

<FactorY>0.040239289519074677</FactorY>

</Images>

<Images index="2">

<Filename>img4.jpg</Filename>

<FactorX>0.015315992814781023</FactorX>

<FactorY>0.024630301339285714</FactorY>

</Images>

</Challenge>

```